ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 31 JANVIER 1944.

PRÉSIDENCE DE M. Charles MAURAIN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice nécrologique sur Henri Buisson, par M. **Charles Fabry.**

Henri Buisson, Professeur à la Faculté des Sciences de Marseille, Correspondant de l'Académie pour la Section de Physique générale, est mort à Marseille le 6 janvier 1944 après une courte maladie. Son existence, pendant un demi-siècle, a été tout entière consacrée à la recherche scientifique et à l'enseignement.

Né à Paris le 15 juillet 1873, il entra à l'École normale supérieure en 1893 et en sortit trois ans après Agrégé de Physique. Nommé Agrégé Préparateur à cette École, il y fit un travail important qu'il présenta comme Thèse de doctorat, *Sur une modification des surfaces métalliques sous l'influence de la lumière*, modification qui se manifeste par des effets très divers, tels que la *fatigue* du métal dans son aptitude à l'émission des charges négatives (effet photoélectrique), la variation de la différence de potentiel apparente entre la surface étudiée et celle d'un métal non modifié, le changement, de certaines propriétés chimiques, telles que l'aptitude de la surface à fixer de la vapeur d'iode.

En 1901, Buisson est nommé Chef des travaux à la Faculté des Sciences de Marseille; très peu de temps après il y devient Maître de Conférences, et plus tard Professeur titulaire. Venu à Marseille par le hasard d'une nomination universitaire, il devait y rester jusqu'à sa mort, pendant 43 ans.

Dès son arrivée à Marseille, il fait connaître, avec Macé de Lépinay, une ingénieuse méthode pour mesurer à la fois l'indice de réfraction et l'épaisseur d'une lame transparente au moyen de phénomènes d'interférence. Par la mesure des dimensions de cubes de quartz, les deux physiciens se proposent de déterminer la valeur exacte de la masse du décimètre cube d'eau, donnée fondamentale de notre système de mesures. La mort de Macé de Lépinay oblige Buisson à terminer seul ce travail, tandis que René Benoit, alors Directeur du Bureau International des Poids et Mesures, s'occupe des pesées hydrostatiques nécessaires pour le même travail. Le résultat de ces mesures

est que la masse du décimètre cube d'eau à 4° est inférieure de 27^{mg} à celle du kilogramme. C'est exactement la valeur qui a été adoptée comme la plus probable pour cette donnée fondamentale de la métrologie.

A partir de 1906, Buisson a entrepris, avec l'auteur de cette Notice, une longue série de recherches et de mesures basées sur l'emploi des interférences produites par des lames argentées. Des mesures de longueurs d'onde dans le spectre du fer ont conduit à un ensemble de repères exempts des erreurs systématiques qui existaient dans les tables de Rowland; après répétition de ces mesures par la même méthode dans plusieurs laboratoires étrangers, leur résultat a été universellement adopté comme *système international* des longeurs d'onde.

Des études sur la largeur des raies spectrales ont conduit à ce résultat intéressant, qui vérifie la théorie cinétique des gaz, que l'on rend plus fines les raies d'émission en refroidissant, dans l'air liquide, la source de lumière; en opérant sur un tube contenant du krypton, on a obtenu la source la plus parfaite de lumière monochromatique.

Divers problèmes d'astrophysique ont pu être abordés par les mêmes méthodes, en particulier ceux qui comportent des mesures de très petits écarts de longeurs d'onde. C'est ainsi que les petits écarts de longueur d'onde, signalés depuis longtemps entre les raies de l'arc électrique et celles du spectre solaire, ont pu être mesurés avec précision; les résultats incohérents trouvés autrefois ont été expliqués par des particularités de l'arc et non du Soleil, et finalement les écarts ont été ramenés à être tous de même sens. L'avènement de la théorie de la Relativité est venu donner à ces mesures une grande importance; elles constituent une vérification avant la lettre de cette théorie, et la plupart des recherches faites sur la même question utilisent les méthodes que Buisson a contribué à créer.

Il faut citer aussi, par les mêmes méthodes, une étude sur le spectre de la nébuleuse d'Orion, et une vérification directe très simple du principe de Doppler-Fizeau.

Comme produits accessoires de ces recherches spectroscopiques, il faut citer un certain nombre de résultats nouveaux sur les propriétés de l'arc électrique entre métaux, et la publication d'une carte du spectre du fer qui est entre les mains de tous les spectroscopistes.

Dans la question de la mesure de l'intensité des radiations, Buisson, en collaboration avec le même auteur, a apporté une contribution étendue, qui a porté sur presque toutes les méthodes de mesure : découverte d'une méthode de mesure énergétique par absorption ; mesures visuelles (description d'un nouveau photomètre sans écran diffusant); méthodes photographiques. Cette dernière méthode a été utilisée à l'étude de l'absorption atmosphérique dans l'ultraviolet, et a conduit à l'explication définitive de la limitation du spectre solaire du côté des petites longueurs d'onde ainsi que la découverte de l'ozone

de la haute atmosphère. On sait que cette question a donné lieu à de très nombreuses recherches et a pris une grande importance dans la Physique de l'atmosphère.

Après que son Collègue eut quitté Marseille, Buisson continua ses recherches dans les mêmes directions. Il a étudié les propriétés de diverses sources lumineuses, en particulier celles du tube au néon, mettant en évidence le renversement spontané de la plupart des raies de ce gaz. Dans le domaine de la Photométrie, il a déterminé, d'une manière précise, la limite extrême de la sensibilité de l'œil aux radiations lumineuses. Il montre que, si nous ne voyons pas à l'œil nu les étoiles plus faibles que celles de la 6e grandeur, ce n'est pas à cause du manque de sensibilité de l'œil, mais parce que le fond du ciel est trop brillant; sur un ciel complètement sombre, on verrait les étoiles jusqu'à la 8e grandeur.

Continuant les recherches sur l'ozone atmosphérique, Buisson a fait, pendant plusieurs années, des dosages fréquents de la quantité totale d'ozone, mesures qui ont confirmé les grandes variations saisonnières de cette quantité. Enfin on lui doit, avec ses élèves Jausseran et Rouard, une belle série de mesures sur l'absorption des radiations, depuis l'extrême rouge jusqu'à l'extrême ultraviolet, par la basse atmosphère. On en déduit une mesure de la proportion d'ozone dans l'air qui nous entoure, et ce fut le premier dosage par la méthode optique, méthode qui a eu ensuite de nombreuses applications.

L'Académie avait plusieurs fois encouragé ou récompensé les travaux de Buisson (subventions sur le Fonds Bonaparte, prix Pierson-Perrin en 1913, prix Janssen en 1916, prix Paul Marguerite de la Charlonie en 1939). Il avait été élu Correspondant pour la Section de Physique générale en 1932.

Tous ceux qui ont connu Henri Buisson conserveront de lui un souvenir ému, non seulement à cause de l'importance de son œuvre scientifique, mais aussi à cause de la parfaite droiture de son caractère, qui n'admettait aucune faiblesse ni pour lui ni pour les autres. Que Mme Henri Buisson sa veuve, son fils le Docteur Pierre Buisson, trouvent ici l'expression de la profonde sympathie des amis de leur cher disparu.

M. **Louis de Broglie** dépose sur le Bureau de l'Académie les *Éphémérides nautiques ou Extrait de la Connaissance des Temps pour l'an* 1944, *ouvrage publié par le Bureau des Longitudes spécialement à l'usage des marins*.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Relations entre la structure cristalline et le diamagnétisme des sels*. Note de M. **Paul Pascal**.

Nous avons montré, il y a longtemps, que, dans les combinaisons homopolaires, on pouvait attribuer aux atomes une susceptibilité diamagnétique constante tant que n'intervenaient pas des accidents structuraux trop marqués

dans la molécule. La susceptibilité diamagnétique y a donc un caractère additif et les modules atomiques sont presque rigoureusement égaux aux susceptibilités atomiques déterminées directement sur les corps simples correspondants.

Nous avons montré également que l'on pouvait souvent transposer ces relations aux dérivés ioniques. Nos susceptibilités atomiques, ou radicales, n'ont plus alors la prétention de représenter la part contributive des ions dans la susceptibilité moléculaire, mais elles se présentent comme de simples modules empiriques permettant de prévoir le diamagnétisme moléculaire des sels avec une précision suffisante; la susceptibilité atomique du métal est alors obtenue par différence entre la valeur expérimentale et la part qui revient au radical acide.

Pour certains sels l'additivité se vérifie aussi bien que le permet la précision des mesures, témoins les valeurs (en chiffre gras) des susceptibilités moléculaires des sels alcalins XM ou YM^2, rapportées à l'eau ($\chi_s = -0{,}72.10^{-6}$). Les chiffres entre parenthèses donnent les différences absolues, qui doivent être sensiblement constantes dans une même colonne ou une même fraction de ligne intercalaire; entre les colonnes correspondant aux azotates et aux sulfates, où l'on passe de la formule XM à la formule YM^2, on a noté la différence $1/2\,\chi_{SO^4M^2} - \chi_{NO^3M}$,

	F.		Cl.		Br.		I.		NO^3		SO^4.		CO^3.
Na.........	**16,4**	(13,9)	**30,3**	(19,5)	**39,8**	(14,0)	**53,8**	(30,2)	**23,6**	(1,4)	**52,0**	(11,2)	**40,8**
	(8,6)		(8,1)		(9,0)		(8,7)		(9,2)		(8,2)		(8,2)
K.........	**25,0**	(13,4)	**38,4**	(20,4)	**48,8**	(14,7)	**63,5**	(30,7)	**32,8**	(2,3)	**70,2**	(11,2)	**59,0**
			(9,2)						(8,1)		(2×9,2)		(2×8,2)
Rb.........	–		**47,6**		–		–		**40,9**	(3,3)	**88,4**	(13,0)	**75,4**
			(14,8)						(13,4)		(2×13,7)		(2×14,1)
Cs.........	–		**62,4**		–		–		**54,3**	(3,6)	**115,9**	(12,3)	**103,6**

Pour d'autres cations, l'additivité est presque toujours satisfaite dans les sels dérivés des anions oxygénés; mais elle présente fréquemment des anomalies, caractérisées par un déficit du diamagnétisme, quand il s'agit d'un sel halogéné, et surtout quand ce sel halogéné dérive d'un cation polyvalent. C'est une extension de la remarque que nous avons déjà faite à propos des composés homopolaires. Nous voudrions montrer que, là encore, cette anomalie s'explique qualitativement et quantitativement par l'écrasement mutuel des ions.

Pour des sels du type XM ou X^2M, où X est un halogène, la loi d'additivité

$$\chi_{XM} = \chi_X + \chi_M \quad \text{ou} \quad \chi_{X^2M} = 2\chi_X + \chi_M$$

(χ_M étant la valeur déduite par le métal à partir des sels oxygénés) est vérifiée par les sels alcalins; mais elle cesse de l'être pour les sels d'argent, de mercure, pour les sels alcalinoterreux, plombeux etc., alors qu'elle reste encore presque toujours valable pour leurs dérivés oxygénés.

Nous donnons ci-dessous quelques susceptibilités moléculaires χ_m, complétées par le module atomique χ_M du métal, tiré des sels oxygénés et qui sert à définir le déficit diamagnétique Δ dans les dérivés halogénés :

	FAg.	ClAg.	BrAg.	IAg.	NO^3Ag.	Acét. Ag.	Propion.	*n*-Butyr.	Isoval.	Ag^+.
$10^6.\chi_m$.....	36,5	49,0	58,0	71,1	45,7	60,4	71,0	83,5	95,3	–
$10^6.\chi_{Ag}$.....	30,05	29,1	27,6	26,5	31,5	30,5	30,5	31,5	31,5	30,9
$10^6.\Delta$......	0,85	1,8	3,3	4,4	–	–	–	–	–	–
	ClHg.	BrHg.	IHg.	NO^3Hg.	Acét. Hg.	Hg^+.	Cl^2Hg.	I^2Hg.	SO^4Hg.	Hg^{++}.
$10^6.\chi_m$.....	58,6	57,2	57,7	55,9	70,5	–	81,8	116,9	78,1	–
$10^6.\chi_{Hg}$.....	38,7	26,8	13,1	41,7	41,7	41,7	42,0	27,7	44,5	44,5
$10^6.\Delta$......	3,0	14,9	28,6	–	–	–	–	–	–	–
	F^2Ca.	Cl^2Ca.	CO^3Ca.	SO^4Ca.	Ca^{++}		F^2Sr.	CO^3Sr.	SO^4Sr.	Sr^{++}.
$10^6.\chi_m$.....	28,9	54,7	38,2	49,7	–	–	37,2	46,7	57,9	–
$10^6.\chi_m$.....	16,0	14,9	16,0	16,1	16,0	–	24,3	24,5	24,3	24,4
$10^6.\Delta$......	0	1,1	–	–	–	–	–	–	–	–
	F^2Ba.	Cl^2Ba.	Br^2Ba.	$Ba(OH)^2$.	SO^4Ba.	$(NO^3)^2Ba$.	CO^3Ba.	F^2Pb.	I^2B.	$(NO^3)^2Pb$
$10^6.\chi_m$.....	51,0	75,3	92,0	53,2	71,3	66,5	58,9	58,1	100,7	73,7
$10^6.\chi_m$.....	38,1	35,5	31,2	38,1	37,7	38,1	36,7	45,2	39,9	45,3
$10^6.\Delta$......	0	2,2	6,5	–	–	–	–	0,1	5,4	–

Tenons compte maintenant des constantes réticulaires de ces sels pour comparer les distances δ des ions du sel à la somme de leurs rayons (rayons r de Pauling). En utilisant les notions que nous avons introduites de ***pénétration*** $\varpi = \Sigma r - \delta$ et *d'écrasement* $\alpha\varpi$ (α étant la polarisabilité de l'ion), on peut dresser le tableau partiel suivant :

Sel.	δ.	Σr.	ϖ.	$\alpha\varpi$ (anion).	$\alpha\varpi$ (cation).	$10^6.\Delta$.
Halogénures alcalins ...	–	–	0	0	0	0
sauf ClNa.............	2,814 Å	2,86 Å	0,046 Å	$0,16.10^{-32}$	$0,092.10^{-32}$	0
FAg.............	2,46	2,62	0,16	0,15	1,09	0
ClAg.............	2,77	3,17	0,40	1,41	2,7	0,85
BrAg.............	2,88	3,21	0,33	1,60	2,28	1,8
IAg.............	2,81	3,42	0,61	4,61	4,14	3,3
Cl^2Hg.............	2,25	3,01	0,76	2,69	$2\times5,2$	4,4
I^2Hg.............	2,75	3,26	0,51	3,85	$2\times3,45$	2,5
F^2Pb.............	2,567	2,20	0	0	0	16,8
I^2Pb.............	2,632	3,00	0,368	2,78	$2\times5,0$	5,9

Comme pour les composés homopolaires, ce n'est pas tant l'interpénétration ϖ des ions que leur écrasement $\alpha\varpi$, et surtout l'écrasement de l'anion, qui détermine la baisse du diamagnétisme; le fluor, ici encore, ne donne pas lieu à de grandes anomalies, à cause de la petitesse de son rayon et de la faiblesse de sa déformabilité.

On notera l'énorme dépréciation diamagnétique observée dans les sels mercureux dont l'halogène est très déformable; il faut attribuer le fait au groupement des molécules XHg par deux dans la maille cristalline; les ions Hg^+ accolés ajoutent l'effet de leur écrasement mutuel à celui des halogènes à leur contact.

CORRESPONDANCE.

MÉCANIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur un procédé de mesure directe des pertes par engrènement.* Note de M. **Pol Ravigneaux**, présentée par M. Joseph Bethenod.

Les pertes par frottement dans les engrenages sont généralement déduites de la mesure du rendement. On transmet un couple donné à une paire ou à un train d'engrenages, et l'on mesure le couple sortant.

Le rapport de ces couples donne la valeur du rendement.

Les pertes s'obtiennent par différence.

Ce procédé ne présente aucune précision, du fait que les grandeurs observées sont très voisines l'une de l'autre et très grandes par rapport à celle que l'on veut déterminer, de sorte que les erreurs que l'on commet dans la mesure de chacun des couples sont de même ordre de grandeur que la fraction de couple perdue en frottements.

Le procédé faisant l'objet de la présente Note permet de mesurer directement les pertes.

Il consiste à monter sur un bâti B, oscillant et équilibré, un train d'engrenages réalisant, entre la vitesse de rotation de l'arbre menant M, et celle de l'arbre mené R, *un rapport de vitesse égal à l'unité*, et à mesurer le couple de réaction C_B de ce bâti, correspondant à un couple moteur C_M. Pour le cas idéal d'un rendement égal à l'unité, ce couple de réaction C_B, est nul. En fait, le couple transmis étant inférieur au couple reçu, la différence donne la valeur du couple perdu par frottement. Dans le cas le plus simple on mesure les pertes dans un train formé de quatre roues, de même nombre de dents, dont l'une motrice, l'autre réceptrice et les deux autres (qui peuvent être confondues en une seule de largeur double) montées sur un arbre de renvoi. On obtient ainsi, avec amplification au double, la valeur du couple perdu par l'ensemble des deux engrènements considérés. On opère au moyen de poids placés à l'extrémité d'un fléau.

Cas général. — Le procédé est applicable à la mesure des pertes dans l'engrènement de deux roues de nombre de dents différents n et N. Les roues à expérimenter étant calées sur un même arbre de renvoi, on peut, il serait facile de le démontrer, réaliser un rapport global égal à l'unité, en disposant convenablement sur les arbres, moteur et récepteur, ainsi que sur le bâti des roues de nombre de dents n, engrenant entre elles, et d'autres roues de nombre de dents N engrenant également entre elles, de façon qu'il ne subsiste qu'un engrènement d'une roue n avec une roue N. Les pertes résultant de l'engrènement des roues n entre elles, ainsi que des roues N entre elles, ayant été déterminées au préalable, on obtient par différence celles provenant de l'engrènement de n avec N. Il est intéressant de comparer les résultats obtenus lorsque n mène N, et lorsque N mène n.

Influence de facteurs divers. — On peut étudier l'influence sur le rendement de la grandeur du couple, de la vitesse de rotation, de la largeur des dentures, du choix du module, de la nature des matériaux constituant les engrenages, de leur état de finition, et de toute variation dans les conditions de l'expérience.

Rendement des boîtes de vitesses. — En montant sur un même bâti oscillant une boîte de vitesse et un renvoi de rapport inverse de celui de la combinaison à expérimenter, renvoi préalablement étalonné, on détermine successivement les pertes ou le rendement à chacune des combinaisons de vitesses.

Le procédé se prête donc à de multiples applications. Il fournit dans tous les cas des résultats plus précis que ceux obtenus par la méthode ordinaire basée sur la mesure du rendement.

Par ricochet, le rendement lui-même se trouve déterminé avec plus d'exactitude.

Les précédentes considérations sont d'ailleurs entièrement justifiées par l'application d'une formule établie jadis par M. J. Bethenod à propos de l'usage d'une boîte de vitesse oscillante pour la mesure de la puissance d'un moteur (*Journal de la Société des Ingénieurs de l'Automobile,* mai 1928, p. 227). Cette formule montre en particulier qu'avec un rapport de vitesse égal à l'unité, le couple de réaction tend bien vers 0, lorsque le rendement de la boîte tend vers 1.

HYDRAULIQUE. — *Expression de la perte de charge à la traversée d'une grille.* Note [1] de M. **Léopold Escande**, transmise par M. Charles Camichel.

Nous nous plaçons dans le cas, généralement réalisé en pratique, où les hauteurs d'eau sont assez grandes, vis-à-vis des dénivellations correspondantes, pour qu'on puisse négliger les singularités qui se produisent au voisinage de la surface libre et évaluer les pertes de charge consécutives au phénomène d'élargissement brusque au moyen de la formule de Borda, sans faire intervenir les termes complémentaires au moyen desquels nous avons généralisé celle-ci, en vue de son application aux systèmes à surface libre [2]. Ces conditions de fonctionnement sont exactement réalisées lorsque la grille fonctionne en charge.

Deux configurations C_1 et C_2 sont possibles *a priori* pour l'écoulement, suivant les valeurs relatives de la longueur L, de l'épaisseur e et de l'équidistance E des barreaux, dans le cas d'une section droite rectangulaire :

a. Si les barreaux sont assez courts (configuration C_1), la veine qui se forme dans l'intervalle de deux barreaux consécutifs, après passage à la vitesse V_1 dans une section contractée mE, se diffuse directement dans la pleine section

---

[1] Séance du 24 janvier 1944.

[2] *Comptes rendus*, **209**, 1939, p. 289.

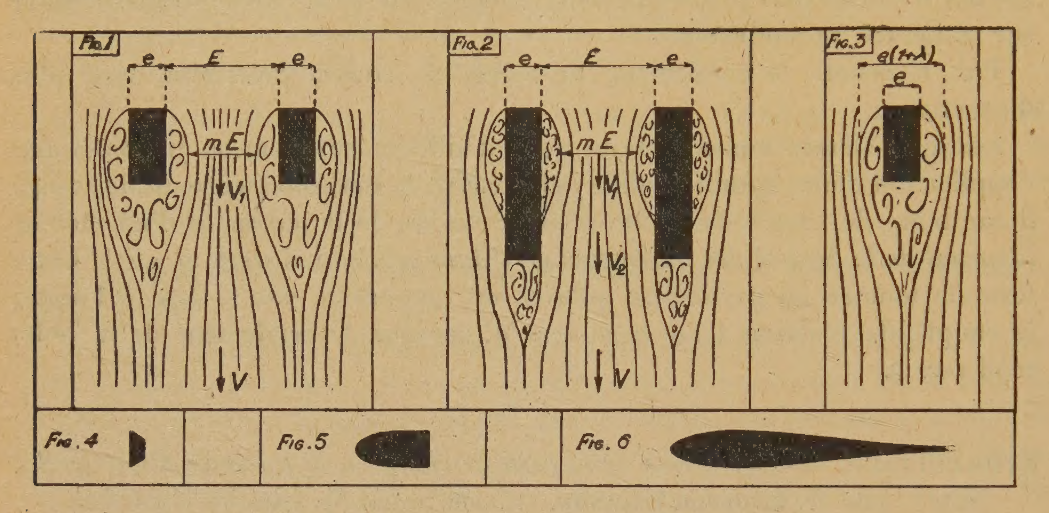
aval où la vitesse est V (*fig.* 1). L'application de la formule de Borda donne pour l'expression de la perte de charge

$$(1) \qquad \xi_1 = \frac{V^2}{2g}\left[\frac{1}{mK} - 1\right]^2,$$

en posant

$$K = \frac{E}{E+e}.$$

b. Si les barreaux sont assez longs, (configuration C_2), la veine, après passage à la vitesse V_1 dans la section contractée mE, vient recoller aux grilles,



en constituant un courant de vitesse $V_2 < V_1$, de largeur E, qui, à son tour, se diffuse brusquement, à l'aval, en réduisant sa vitesse à la valeur V. La perte de charge ξ_2 est, dans ce cas, la somme des pertes ξ'_2 et ξ''_2 relatives aux deux élargissements brusques subis successivement par la veine. On obtient

$$(2) \qquad \xi_2 = \xi'_2 + \xi''_2 = \frac{V^2}{2gK^2}\left[\frac{(1-m)^2}{m^2} + (1-K)^2\right].$$

Le coefficient de contraction m entre barreaux peut être moins intéressant à considérer, dans le cas où ceux-ci sont très écartés les uns des autres, que l'épaisseur maxima de la couche tourbillonnaire entourant chaque barreau, sur tout ou partie de la longueur. Cette zone intervient, au point de vue de l'écoulement, pour porter la valeur effective du maître-couple de e à $e(1+\lambda)$ (*fig.* 3).

On obtient alors les expressions :

$$(3) \qquad m = \frac{K - \lambda(1-K)}{K},$$

$$(1') \qquad \xi_1 = \frac{V^2}{2g}\left[\frac{(1-K)(1+\lambda)}{K - \lambda(1-K)}\right]^2,$$

$$(2') \qquad \xi_2 = \frac{V^2}{2g}\cdot\left(\frac{1-K}{K}\right)^2\cdot\left[\frac{\lambda^2}{K - \lambda(1-K)^2} + 1\right].$$

Donc, suivant la configuration réalisée, l'expression de la perte de charge sera celle de ξ_1 ou celle de ξ_2 ; il est facile de voir que l'on a

$$\Delta = \xi_1 - \xi_2 = \frac{1}{g}[-V_2^2 + (V_1 + V)V_2 - V_1 V] > 0.$$

La perte de charge ξ_1 est toujours plus forte que ξ_2. La différence Δ qui peut s'écrire

$$\Delta = \frac{V^2}{g} \cdot \frac{1-m}{m} \cdot \frac{1-K}{K^2}$$

est maxima et égale à

$$\Delta_M = \xi_2 = \frac{\xi_1}{2}, \qquad \text{pour} \quad V_2 = \frac{V_1 + V}{2} \quad \text{ou} \quad m = \frac{1}{2-K}.$$

L'étude expérimentale, que nous exposerons dans une Note prochaine, montre qu'en pratique, avec les dimensions usuelles des barreaux de grilles rectangulaires, l'écoulement réalisé correspond à la configuration C_1, la perte de charge ξ_1 étant donnée par les expressions (1) et (1′).

Quand les barreaux ne sont pas rectangulaires, le problème change partiellement d'aspect :

1° Avec les barreaux de la figure 4, la grille, assimilable à une succession de fentes parallèles à mince paroi équidistantes, rend le recollement impossible; la perte de charge doit être donnée par les formules (1) et (1′).

2° Avec des profils aérodynamiques tronqués, comme ceux de la figure 5, il ne peut également y avoir recollement : dans la mesure où les filets ne décollent pas, on peut admettre que m est très voisin de l'unité et Δ de 0, de telle sorte que l'expression (1) devient

$$(3) \qquad \xi_1 = \frac{V^2}{2g}\left(\frac{1}{K} - 1\right)^2.$$

Les pertes de charge sont réduites, vis-à-vis des barreaux rectangulaires.

3° Enfin, avec des profils aérodynamiques comme ceux de la figure 6, la veine, après son passage au droit du maître-couple, peut, *a priori*, décoller immédiatement, ce qui ramènerait au cas précédent ou, au contraire, subir un certain effet diffuseur dans la partie aval, ce qui réduirait la perte de charge.

PHYSIQUE INDUSTRIELLE. — *Sur l'activité de la transmission de la chaleur.* Note [1] de M. **J.-L. Routin**, présentée par M. Joseph Bethenod.

Cette Note a, en particulier, pour objet une contribution à l'application rationnelle du principe de l'accumulation de la chaleur aux appareils ménagers de chauffage électrique.

Pour caractériser le degré d'activité de la transmission de la chaleur, l'auteur a proposé l'adoption d'un *coefficient de vivacité*, qui fait connaître le nombre de

---

[1] Séance du 24 janvier 1944.

calories transmises par minute et par décimètre carré et qui s'apparente étroitement au coefficient usuel, qui, pour les appareils à chauffage direct, fait connaître le nombre de watts dissipés par centimètre carré.

Dans le cas des appareils à accumulation, le coefficient de vivacité sera généralement fonction de l'état de décharge de l'accumulateur, car (sauf dans le cas où l'on utilise la chaleur de fusion de certains alliages eutectiques) les variations de la température de l'accumulateur peuvent atteindre plusieurs centaines de degrés.

L'auteur a réalisé un dispositif qui permet de déterminer non seulement les valeurs du coefficient de vivacité, mais encore celles du nombre total de calories utilisées.

Ce dispositif, qui a été désigné sous le nom de *vivacimètre*, est basé sur l'observation des conditions dans lesquelles s'effectuent l'échauffement puis la vaporisation d'un poids d'eau déterminé, en faisant application des formules ci-après :

Si l'on désigne par P le poids de l'eau, par t_0 la température initiale, par S la surface de transmission, par r et c le poids et la chaleur spécifique du récipient, par f_q le nombre de calories par minute dissipées par la surface du récipient lorsque ce dernier est à la température q, par t_1, t_2, ..., t_m ... les températures atteintes par la masse d'eau après 1, 2, ..., m minutes, par p_n le poids de la vapeur produite entre la $(n-1)^{\text{ième}}$ et la $n^{\text{ième}}$ minute et par Q_1, Q_2, ..., Q_n le total des nombres de calories utilisées après 1, 2, ..., n minutes pour produire l'échauffement puis la vaporisation de l'eau, on a, pour les valeurs de V :
avant l'ébullition

$$V_m = [(P + rc)(t_m - t_{m-1}) + f_m]\frac{1}{S};$$

après l'ébullition

$$V_n = (p_n \times 0,536 + f_{100})\frac{1}{S}.$$

et, pour les valeurs du nombre de calories utilisées Q :
avant l'ébullition

$$Q_m = P(t_m - t_0);$$

après l'ébullition

$$Q_n = P(100 - t_0) + 0,536\Sigma p_n.$$

La réalisation d'un vivacimètre comporte l'emploi d'un petit alambic dont la cucurbite a été constituée par un récipient du type utilisé pour la cuisson des aliments, en combinaison avec un dispositif à relaxation qui permet de mesurer à intervalles de temps réguliers le poids de l'eau produite par la condensatiou de la vapeur.

La relaxation est obtenue en utilisant une sorte de petite écluse qui comporte :

un récipient (constituant le premier sas) qui recueille en permanence l'eau de condensation ;

un récipient (constituant le second sas) qui reçoit par des versements brusques, effectués à intervalles réguliers, l'eau accumulée dans le premier sas et qui la conserve pendant un temps suffisant pour permettre d'effectuer la mesure de p_n.

Chaque sas possède un robinet d'évacuation; et la manœuvre alternative des dits robinets est commandée à l'aide d'un petit moteur synchrone.

A sa sortie du deuxième sas l'eau de condensation est recueillie dans un troisième récipient placé sur le plateau d'une balance, muni d'un cadran gradué de façon à indiquer directement la valeur du second terme de Q_p, soit $0,536\Sigma p_n$.

Pour faciliter les lectures on a donné au second récipent la conformation tubulaire et sa graduation a été établie de façon à fournir la lecture directe de

$$V_n = (p_n \times 0,536 + f_{100})\frac{1}{S};$$

et pour que la lecture de $Q_n = P(100 - t_0) + 0,536\Sigma p_n$ puisse être relevée directement sur le cadran il suffira de verser dans le récipient (avant la mise en train de l'essai) la quantité d'eau nécessaire pour amener l'index en face de la graduation correspondant au nombre de calories $P(100 - t_0)$.

Le vivacimètre présente un très grand intérêt pour guider les recherches des constructeurs, car, en permettant le tracé des trois courbes caractéristiques qui représentent respectivement, en fonction du temps, le coefficient de vivacité, le nombre de calories utilisées et la température de la plaque, cet appareil fournit le contrôle permanent du comportement d'un accumulateur de chaleur pendant toute la durée de sa décharge.

Le vivacimètre permet en outre de procéder aux essais du fonctionnement de l'organe de réglage et de contrôler que la progressivité de son action est suffisante pour assurer une bonne utilisation des calories accumulées.

Il convient de signaler enfin que le vivacimètre permet de déterminer, avec exactitude et à l'aide d'un seul essai, quelle est la capacité pour laquelle un accumulateur donné pourra être régulièrement catalogué, en tenant compte de la limite inférieure qui sera imposée pour la valeur du coefficient de vivacité.

ÉLECTROMAGNÉTISME. — *Sur la longueur d'onde propre de certains résonateurs électromagnétiques.* Note [1] de M. **Pierre Grivet**, présentée par M. Joseph Bethenod.

Je me servirai de la méthode déjà décrite [2] pour calculer la longueur d'onde de la vibration fondamentale du type *électrique* pour quelques volumes de révolution.

---

[1] Séance du 22 novembre 1943.

[2] P. Grivet, *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 71.

A. Approximation de Rayleigh. — 1. *Volumes à symétrie cylindrique.* — Par raison de symétrie, E et H n'ont qu'une composante E_z et H_φ, et le rotationel se réduit à

$$(\mathrm{rot}\,E_z)_\varphi = \frac{\partial E_z}{\partial r}, \qquad (\mathrm{rot}\,H_\varphi)_z = \frac{1}{r}\,\frac{\partial(rH_\varphi)}{\partial r}.$$

Les formules (4) et (5) de la Note précédente deviennent

(1)
$$\frac{4\pi^2}{\lambda^2} = \frac{\int_V (\mathrm{rot}\,E_z)_\varphi^2\, r\,dr}{\int_V E_z^2\, r\,dr},$$

(2)
$$\frac{4\pi^2}{\lambda^2} = \frac{\int_V (\mathrm{rot}\,H_\varphi)_z^2\, r\,dr}{\int_V H_\varphi^2\, r\,dr}.$$

a. Cylindre de rayon a. — Pour utiliser (2) on peut prendre $H_\varphi = r(r/3 - a/2)$ et l'on obtient

$$\frac{\lambda}{a} = \frac{2\pi}{\sqrt{\frac{180}{31}}} = 2{,}6075;$$

avec (1) on peut prendre

$$E_z = \frac{r^2 - a^2}{2} \qquad \text{ou} \qquad E_z = \cos\frac{\pi r}{2a}$$

et l'on obtient

$$\frac{\lambda}{a} = \frac{2\pi}{\sqrt{6}} = 2{,}565 \qquad \text{ou} \qquad \frac{\lambda}{a} = 4\sqrt{\frac{\pi^2+4}{\pi^2-4}} = 2{,}602,$$

alors que la valeur exacte est

$$\frac{\lambda}{a} = 2{,}61.$$

b. Tore à section rectangulaire (rayon $b > a$). — En utilisant (1), on peut prendre $E_z = (r-a)(b-r)$ ou $E = \sin\pi(r-a)/(b-a)$ et l'on obtient $\lambda = (2\pi/\sqrt{10})(b-a)$ ou $\lambda = 2(b-a)$ qui sont d'excellentes approximations [3] tant que $b < 5a$.

c. Rhumbatrons. — On appelle ainsi certains résonateurs utilisés dans la technique des ondes décimétriques. Un modèle simple de ce type de résonateur est constitué par le volume compris entre un cylindre extérieur (rayon b, hauteur l) et un cylindre intérieur (rayon a, hauteur $l-d$). Ces cylindres ont même axe de révolution et une base commune. Les bases opposées sont séparées par un interstice de grandeur d.

La méthode [4] que j'ai proposée est un guide commode pour établir une

---

(3) F. Borgnis, *Hochfrequenztechnik und Elektroakustik*, 54, 1939, p. 121; 55, 1940, p. 47.

(4) Lord Rayleigh, *Theory of Sound*, p. 350.

formule semi-empirique très simple qui représente la longueur d'onde en fonction des quatre paramètres a, b, d, l. Dans la région comprise entre les surfaces latérales des deux cylindres, on peut prendre en effet $E_r = E_2 \sin \pi z/2l$ et dans l'interstice entre les deux bases : $E_z = E_1$; E_1 et E_2 seront reliés par la relation $(b-a)E_2 = KdE_1$ inspirée de l'électrostatique, où K est une constante ajustable, et l'on trouve

$$\lambda = 4l\sqrt{1 + \frac{2a^2}{Kld}\,\frac{b-a}{b+a}},$$

qui représente les résultats expérimentaux avec une précision comprise entre 5 et 12 % dans le domaine $b < 6a$, $l > 3d$, en prenant $K = 0,5$.

2. *Sphère* (rayon a). — H n'a qu'une composante H_φ et, en utilisant (2), on écrit

$$(\operatorname{rot} H_\varphi)_r = \frac{1}{r^2 \sin\theta}\,\frac{\partial(r \sin\theta\, H_\varphi)}{\partial\theta}, \qquad (\operatorname{rot} H_\varphi)_\theta = \frac{1}{r \sin\theta}\,\frac{\partial(r \sin\theta\, H_\varphi)}{\partial r},$$

et la formule s'écrit

$$\frac{4\pi^2}{\lambda^2} = \frac{\iint_V [(\operatorname{rot} H)_r^2 (\operatorname{rot} H)_\theta^2]\, r^2 \sin\theta\, d\theta\, dr}{\iint_V H^2 r^2 \sin\theta\, d\theta\, dr};$$

on peut prendre $H_\varphi = r(r/3 - a/2)\sin\theta$ et l'on en tire $\lambda/a = 2\pi\sqrt{6,5/7} = 2,245$ alors que la valeur exacte est 2,29.

B. Approximation de Ritz. — 1. *Cylindre.* — Dans le cas du cylindre on peut prendre $E_1 = (r^2 - a^2)/2$, $E_2 = r(r^2 - a^2)/2$. L'équation déterminante est $(6 - z)(12 - z) - (32/35)^2(7 - z)^2 = 0$ avec $z = (2\pi a/\lambda)^2$ et fournit $\lambda_1/a = 2,6105$ et $\lambda_2 = 1,13$.

2. *Tore à section rectangulaire.* — On peut avoir avantage à introduire des paramètres ajustables sous une autre forme. Ainsi, dans le cas du tore, on peut prendre

$$E_x = \sin\frac{\pi}{2}\,\frac{r-a}{\alpha - a} \quad \text{pour } a < r < \alpha \qquad \text{et} \qquad E_2 = \sin\frac{\pi}{2}\,\frac{b-r}{b-\alpha} \quad \text{pour } \alpha < r < b.$$

On obtient

$$z = \frac{\pi^4}{16}\,\frac{\alpha}{(\alpha - a)(b - \alpha)(\alpha + K)},$$

$K = [(a+b)/2][(\pi^2/4) - 1]$ étant la racine comprise entre a et $(a+b)/2$ de l'équation

$$2\alpha^3 - \alpha^2(a + b - K) - Kab = 0.$$

Cette approximation est suffisante tant que $a < 100b$. On ne peut l'améliorer de manière notable au voisinage de $a = 0$ qu'en renonçant à la simplicité des calculs. Il faut en effet choisir une fonction rot E, qui, lorsque $a \to 0$, tende vers l'infini comme la solution vraie, c'est-à-dire, comme $1/a \log a$, puisque le champ au voisinage du fil est de la forme $1/a$ et que le courant est limité par la self du fil, proportionnelle à $\log a$.

ÉLECTROTECHNIQUE. — *Une méthode de raccordement pour le calcul des cavités électromagnétiques.* Note [1] de M. **Jean Bernier**, présentée par M. Joseph Bethenod.

Pour calculer les constantes des cavités électromagnétiques et tracer leurs cartes de champs [2], il est commode de dériver les champs électrique et magnétique d'un potentiel vecteur A $e^{j\omega t}$, qui doit vérifier les conditions

$$(1)\qquad \operatorname{div}\vec{A}=0 \quad \text{et} \quad \Delta\vec{A}+k^2\vec{A}=0 \quad \text{avec } k=\frac{\omega}{c}.$$

Les valeurs propres k_ν, ainsi que les solutions normales correspondantes $\vec{A}_\nu$, sont fixées par la condition de nullité de la composante tangentielle de E sur la paroi S de la cavité, soit

$$(2)\qquad \left[\vec{n}\wedge\vec{A}\right]_S=0.$$

Mais le système (1) avec la condition (2) n'est soluble avec les méthodes habituelles que pour des formes géométriques simples de cavité. La présente Note est relative à une méthode de résolution par *raccordement* lorsque le domaine de la cavité est décomposable en deux ou plusieurs domaines élémentaires pour chacun desquels on peut aisément obtenir une solution générale de (1).

Supposons par exemple que la cavité soit décomposable en deux domaines ayant une surface de séparation commune Σ, le domaine I étant limité par $S_1+\Sigma$, le domaine II par $S_2+\Sigma$, tandis que la paroi métallique de la cavité (domaine fermé I + II) est constituée par S_1+S_2. Soient A_1 et A_2 des solutions de (1) dans chaque domaine : elles seront solutions du problème si ces vecteurs et k sont tels que

$$(3)\qquad \left[\vec{n}\wedge\vec{A}_1\right]_{S_1}=\left[\vec{n}\wedge\vec{A}_2\right]_{S_2}=0, \quad \vec{A}_1=\vec{A}_2 \quad \text{sur } \Sigma.$$

La méthode de raccordement consiste à déterminer $\vec{A}_1$, $\vec{A}_2$ et k pour que

$$(4)\qquad J=\iint_\Sigma\left(\vec{A}_1-\vec{A}_2\right)^2 d\sigma+\iint_{S_1}\left[\vec{n}\wedge\vec{A}_1\right]^2 d\sigma+\iint_{S_2}\left[\vec{n}\wedge\vec{A}_2\right]^2 d\sigma$$

soit minimum (ce minimum devant être manifestement nul).

Souvent on pourra trouver, pour chaque domaine, une solution générale de (1) sous forme de série à coefficients indéterminés, satisfaisant identiquement à (2) sur *certains* éléments de la paroi. J sera alors une forme quadratique de ces coefficients, et la recherche des conditions de minimum revient à la résolution d'un système d'équations linéaires homogènes en nombre infini :

---

[1] Séance du 22 novembre 1943.

[2] *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 530.

pour que ce système admette une solution non nulle, il faut attribuer à k certaines valeurs, qui sont les valeurs propres cherchées. Pratiquement on se contentera de quantités A_1, A_2 et k, vérifiant les équations (1), mais ne satisfaisant que d'une manière approchée à la condition (3). Le degré d'approximation pourra alors être mesuré, par exemple, par le quotient de J par

$$\int\int_{\Sigma} \frac{\left(\vec{A}_1+\vec{A}_2\right)^2}{4}\, d\sigma + \iint_{S_1} A_1^2\, d\sigma + \iint_{S_2} A_2^2\, d\sigma,$$

quantité qui est facile à calculer. Cette méthode de raccordement est évidemment applicable quand on dérive les champs d'une fonction scalaire : il faut assurer alors la continuité sur Σ de cette fonction et de sa dérivée normale.

Application. — J'ai calculé ainsi la vibration fondamentale (du type électrique) de la cavité de révolution à forme rentrante dont la demi-méridienne est représentée en figures 1 et 2 ; l'intégrale J portait sur BFE, la condition (2)

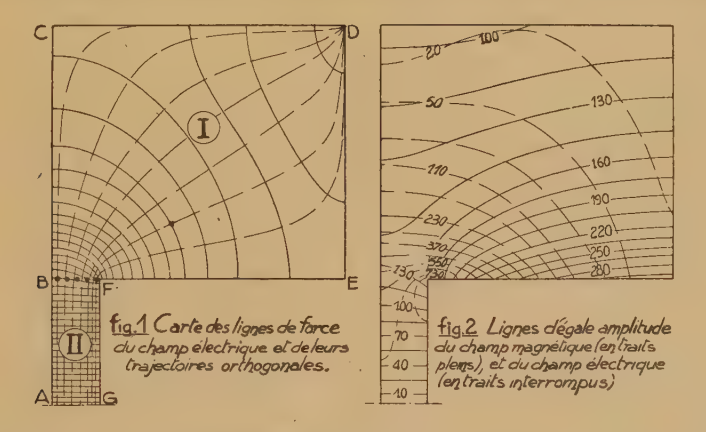


Fig. 1. Carte des lignes de force du champ électrique et de leurs trajectoires orthogonales.

Fig. 2. Lignes d'égale amplitude du champ magnétique (en traits pleins), et du champ électrique (en traits interrompus).

étant identiquement vérifiée sur le reste des parois. Les courbes représentant les variations de la longueur d'onde et des constantes de la cavité vue de AG avec ses paramètres géométriques, ont été tracées dans le domaine suivant : $2 \leqq m \leqq 5$, $0{,}1\pi \leqq \theta \leqq 0{,}3\pi$, $0{,}3\pi \leqq \alpha \leqq 0{,}7\pi$, avec $m = \rho_2/\rho_1$, $\theta = \pi\delta/l$, $\alpha = \pi\rho_1/l$ (ρ_1 et ρ_2 sont les rayons intérieur et extérieur de la cavité, $\delta = AG$, $l = CD$).

On en a déduit les formules empiriques suivantes, valables à 5 % près,

$$(5) \qquad L\omega = \frac{1}{C\omega} = 120\pi \frac{l}{\lambda} \log_e \frac{\rho_2}{\rho_1} \text{ ohms},$$

$$(6) \qquad S = \frac{1}{e\sqrt{2}} \frac{l(\rho_2-\rho_1)}{l+\rho_2-\rho_1} q,$$

où $e = (\lambda c/2\chi)^{1/2}/2\pi$ est l'épaisseur de peau, et q un coefficient numérique indépendant de θ et de m, mais croissant à peu près linéairement de 0,96 à 1,06 lorsque α varie de $0{,}3\pi$ à $0{,}7\pi$. Le produit de (5) par (6) donne la résistance shunt à 5 % près également. La longueur d'onde propre λ est obtenue à 2 % près par l'équation simplifiée suivante, adaptée aux calculs numériques grâce à

la convergence rapide du deuxième membre

$$(7)\quad \pi\frac{J_1(x_0)}{x_0 J_0(x_0)} - \theta G(x_0, m) + 2\frac{\theta^2}{\alpha}S(\theta) = 2\theta\sum_{p=1}^{\infty}\Delta_p \quad \text{avec } S(\theta) = \sum_{n=1}^{\infty}\frac{\sin^2 n\theta}{n^3\theta^3},$$

$$G(x_p, m) = \frac{1}{x_p}\frac{N_0(mx_p)J_1(x_p) - J_0(mx_p)N_1(x_p)}{N_0(mx_p)J_0(x_p) - J_0(mx_p)N_0(x_p)},$$

$$\Delta_p = \left[G(x_p, m) + \frac{1}{p\alpha}\right]\frac{\sin^2 p\theta}{p^2\theta^2} \quad (x_0 = k\rho_1,\ x_p^2 = x_0^2 - p^2\alpha^2)$$

(J et N étant les fonctions de Bessel de 1re et de 2e espèce).

La méthode de raccordement a permis également de tracer les cartes de champs ci-dessus, dont on peut tirer plusieurs conclusions intéressantes [les cotes correspondent au nombre sans dimensions $10\pi\lambda^{3/2}W^{-1/2}E$ (ou H), W étant l'énergie moyenne de la cavité].

PHOTOÉLECTRICITÉ. — *Photocompteurs et loi de Poisson.* Note de M. **André Blanc-Lapierre**, présentée par M. Aimé Cotton.

J'ai étudié par le calcul les fluctuations observées à la sortie d'un amplificateur linéaire attaqué par une suite de chocs brefs, égaux et désordonnés ([1]). J'ai eu besoin de réaliser effectivement de telles suites ayant des densités très diverses pour vérifier expérimentalement certains résultats de cette étude. Dans le cas de très faibles densités, j'ai utilisé à cet effet des photocompteurs. Je vais décrire ici leur fabrication, leurs caractéristiques et comparer à la loi de Poisson diverses propriétés statistiques des séries de chocs obtenues avec eux.

I. Construction des photocompteurs. — La technique utilisée est assez voisine de celles décrites par A. Dauvillier ([2]) et K. O. Kippenhauer ([3]). La forme est celle d'un compteur de Geiger-Müller ordinaire (cathode cylindrique en cuivre percée d'une ouverture latérale pour l'admission de la lumière et anode axiale en fil de tungstène). Tout joint graissé ou mastiqué a été prohibé. Les compteurs ont été pompés et étuvés (350°C.) sous un vide de 10^{-6} mm de mercure de 5 à 15 heures (lavages intermittents à l'hydrogène). Les parties métalliques ont été traitées par décharges dans l'hydrogène et portées au rouge sous vide élevé (haute fréquence ou, le plus souvent, bombardement électronique). Le gaz de remplissage est de l'hydrogène purifié par osmose sur du palladium. Les compteurs étaient essayés sur le banc de pompage et scellés lorsqu'ils donnaient satisfaction.

II. Caractéristiques des photocompteurs. — Sur 10 compteurs mis en fabrication, 5 ont été retenus; trois mois après leur construction, ils fonctionnaient

---

([1]) A. Blanc-Lapierre, *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 42; **217**, 1943, p. 73.

([2]) *Le Journal de Physique et le Radium*, 8e série, 3, 1942, p. 29.

([3]) *Zeitschrift für Astrophysik*, **14**, 1937, p. 348.

normalement. Les tensions d'amorçage s'échelonnent de 550 à 950 volts et les paliers de comptage de 50 à 180 volts. Le nombre de décharges à l'obscurité est de quelques unités par minute. L'étude de la sensibilité spectrale, faite avec une lampe à hydrogène et un monochromateur en quartz, révèle un seuil voisin de 2800 Å et un maximum de sensibilité vers 2300 Å.

III. Vérification de diverses conséquences de la loi de Poisson. — Le compteur étudié recevait le rayonnement total de la lampe à hydrogène atténué par un diffuseur de magnésie; une série de diaphragmes permettait de faire varier le flux lumineux admis. Afin d'avoir des chocs égaux, le photocompteur était asservi à un relaxateur du type Maze ([4]).

1° *Étude des fluctuations de la réponse $x(t)$ d'un galvanomètre attaqué par des chocs de densité* ρ. — En admettant la loi de Poisson, on démontre la relation

$$(1)\qquad \log\frac{\overline{\delta}}{\overline{x}} = \log\frac{\sqrt{\overline{(x-\overline{x})^2}}}{\overline{x}} = \mathrm{A} - 0{,}5\log\overline{x},$$

où A *est une constante et* $\overline{\delta}$ *l'écart quadratique moyen.*

Les valeurs de $\overline{x}$ et de $\overline{\delta}$ ont été déterminées à partir de l'enregistrement des fluctuations du spot. La densité ρ a varié de 1 à 44. Les résultats sont représentés par la figure 1. La droite D est une droite de pente — 0,5. Les points représentent les résultats expérimentaux. L'accord est satisfaisant.

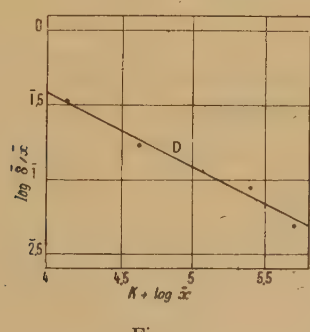


Fig. 1.

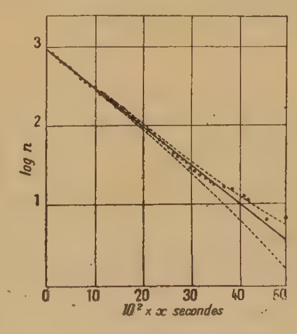


Fig. 2.

2° *Étude de la répartition statistique des intervalles séparant deux chocs successifs* ([5]). — La probabilité, calculée à partir de la loi de Poisson, pour qu'un tel intervalle excède la valeur x est $e^{-x\rho}$. L'enregistrement étudié portait sur $\mathrm{N} = 939$ chocs ($\rho = 11,15 \pm 0,4$). Il présente quelques agglomérations de chocs très rapprochés, qui ne paraissent pas dues au hasard mais plutôt au déclenchement par un choc fortuit d'une courte série de décharges. A part ces

([4]) *Thèse de Doctorat*, Faculté des Sciences de Paris, 1941, p. 29.

([5]) Des expériences de ce type ont été faites par Max Cosyns, avec des compteurs pour rayons cosmiques.

accidents d'ailleurs fort rares, l'accord avec la formule théorique est excellente. La figure 2 représente la droite d'équation

$$\log \overline{n} = \log N - 0{,}434 x\rho,$$

où $\overline{n}$ est la valeur moyenne du nombre d'intervalles de valeur supérieure à x; en désignant par $\sqrt{\overline{(\Delta n)^2}}$ l'écart quadratique moyen théorique, on a aussi tracé en pointillé les courbes donnant les valeurs de $\log\left[\overline{n} + \sqrt{\overline{(\Delta n)^2}}\right]$ et de $\log\left[\overline{n} - \sqrt{\overline{(\Delta n)^2}}\right]$. On voit que les écarts expérimentaux n'excèdent pas ceux qu'autorise la loi du hasard.

Conclusion. — Les expériences précédentes montrent que, tout au moins pour les faibles valeurs de ρ considérées, on peut bien utiliser les séries de décharges des photocompteurs pour l'étude des fluctuations d'un amplificateur excité par des chocs égaux et désordonnés. Il est par ailleurs facile d'avoir des séries à chocs très rapprochés (courants photoélectriques ou thermo-électroniques.) Je donnerai ailleurs des résultats relatifs à la forme des fluctuations à la sortie de l'amplificateur, lorsque la densité des chocs passe des plus petites aux plus grandes valeurs.

RADIOACTIVITÉ. — *Sur l'intensité absolue des raies de conversion interne du radioactinium.* Note de MM. **Ouang Te-Tchao**, **Jean Surugue** et Mlle **Marguerite Périey**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Nous avons utilisé pour déterminer les intensités des raies de conversion du radioactinium un montage ayant servi précédemment à l'étude des raies de conversion de Ra D [1]. Les électrons déviés par un champ magnétique uniforme et constant, produit par un aimant permanent, sont reçus dans un cylindre de Faraday relié à un électromètre Hoffmann. Toutes les précautions étaient prises pour réduire l'importance des rayons parasites diffusés par les parois (boîte d'aluminium, source supportée par du plexiglas). Ils donnaient néanmoins un courant très gênant superposé au courant dû aux raies monocinétiques. Pour réduire son influence, nous avons installé, en série avec le potentiomètre servant à la mesure du courant par la méthode de compensation, un potentiomètre auxiliaire commandé par un petit moteur synchrone. De cette façon nous pouvions encore mesurer commodément des variations de courant de l'ordre de 200 électrons par seconde.

La préparation de radioactinium était faite par précipitation de l'hydroxyde en milieu oxygéné, en utilisant le cérium comme entraîneur. La difficulté d'obtenir une bonne activité sur une surface réduite a été résolue de la manière

(1) Ouang Te-Tchao, Jean Surugue et Tsien San-Tsiang, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 535.

suivante : le précipité rassemblé par centrifugation au fond d'un tube à essais était mouillé par une goutte d'eau, repris avec une pipette fine et déposé sur un papier filtre convenablement préparé. Celui-ci était paraffiné, sauf sur une surface rectangulaire de 1×7^{mm}, de telle sorte que la goutte d'eau servant à transporter le précipité, rassemblée sur cette petite surface, pouvait être absorbée facilement par capillarité dans un autre filtre placé en dessous. Les dimensions de la source étaient ainsi parfaitement définies par la paraffine. Pour éviter le dégagement d'actinon dans l'appareil, rendant toute mesure impossible moins d'une heure après la préparation de la source utilisée nue, nous avons dû la couvrir d'une feuille de mica de 2 mg/cm², bien paraffinée sur son pourtour afin d'obtenir une bonne étanchéité. Il en résulte un petit déplacement des raies, à cause du mica, et aussi un élargissement, surtout à cause de la paraffine qui vient s'infiltrer dans la préparation, mais cela ne trouble pas la détermination de leur intensité, à condition qu'elles ne soient pas trop voisines.

La préparation que nous avons obtenue avait une intensité initiale de 10,7 millicuries, valeur relativement faible par rapport à celle du produit initial et venant de ce que la concentration a été très poussée pour avoir en définitive une quantité de matière inférieure au milligramme.

La mesure a seulement pu être faite pour deux raies voisines, de produit BR = 736 et 711. Pour la première, correspondant à la conversion dans le niveau K d'un rayonnement γ de 149 ekV ([2]), l'intensité a été trouvée égale à $2,6.10^{-3}$ électron par désintégration. Pour la seconde, provenant de la conversion d'un rayonnement γ de 61 ekV dans la couche L_1, l'intensité est de $0,4.10^{-3}$ électron par désintégration.

Nous avons exploré la région du spectre d'énergie inférieure à celle des deux raies précédentes, où devrait se trouver en particulier la raie de conversion du rayonnement γ de 50 ekV donné par M. Frilley ([3]) comme très intense. Nous n'avons trouvé aucune raie d'intensité importante, ce que nous avions déjà constaté précédemment par la méthode photographique, beaucoup plus sensible.

Enfin nous avons essayé de faire la même mesure d'intensité pour une raie de AcX, en utilisant la même préparation au bout de 21 jours, époque du maximum du nombre d'atomes de AcX. Le courant recueilli étant alors beaucoup plus faible, la mesure est bien moins bonne que les précédentes. Nous donnerons seulement l'ordre de grandeur trouvé, soit environ 10^{-3} électron par désintégration pour la raie BR = 453.

Ces déterminations en valeur absolue sont en bon accord avec les mesures en valeur relative faites précédemment ([2]).

([2]) JEAN SURUGUE, *Journ. de Phys.*, 7, 1936, p. 337.

([3]) *Journ. de Phys.*, 1, 1940, p. 34.

PHYSIQUE COSMIQUE. — *Gerbes de mésotons et de particules lourdes.* Note de M. **Jean Daudin**, présentée par M. Maurice de Broglie.

I. La matière bombardée par le rayonnement cosmique est le siège de phénomènes différents des gerbes ordinaires : les corpuscules créés ou projetés ne sont pas des électrons, et la divergence angulaire de ces particules est considérable [1].

Si l'on dispose dans une masse de plomb trois compteurs parallèles formant un triangle, ils entrent en coïncidence lorsque, dans la cible constituée par le volume qu'ils comprennent, a jailli une telle gerbe explosive.

Dans une chambre de Wilson proche de la masse de plomb, on a quelque chance d'observer une ou deux branches de la gerbe. En creusant dans le plomb une cavité vis-à-vis de la chambre, non seulement on recueillera les rayons pénétrants, mais aussi les mésotons et autres particules lentes, qui auront moins de matière à traverser. Cette analogie avec les montages de physique nucléaire [2] nous a conduit à modifier le dispositif d'étude des mésotons.

La figure 1 représente la masse de plomb située au-dessus de la chambre de

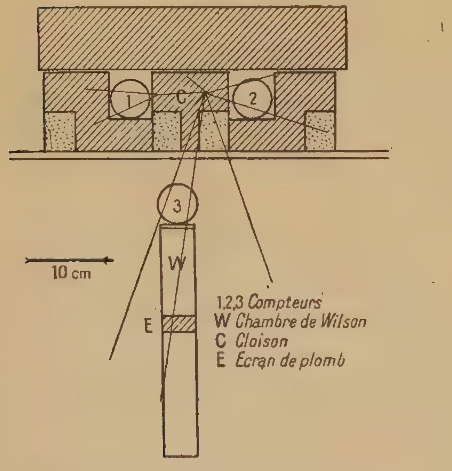


Fig. 1. — Gerbe de mésotons et de particules lourdes.



Fig. 2.



Fig. 3.

Wilson et trois compteurs qui en commandent la détente. Les deux premiers sont logés dans le plomb, protégés par 4 à 12^{cm} d'écran. La cloison qui les sépare est dans le plan vertical de la chambre. Le troisième compteur repose sur la chambre de Wilson de manière à ce que les particules créées dans la cloison et ayant actionné ce compteur après traversée de simples cales de bois, aient une grande chance de pénétrer dans la chambre. Cette modification et la meilleure protection contre les gerbes de l'air parasites expliquent sans doute le rendement élevé en clichés intéressants ou nouveaux par rapport à

(1) P. Auger et J. Daudin, *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 24.

(2) J. Daudin, *Comptes rendus*, **213**, 1941, p. 348; **216**, 1943, p. 200.

l'état de nos connaissances il y a deux ans. Les clichés font partie d'une série de 1200 pris cet été au col du Lautaret (2060^{m}) en trois semaines à peine.

Décrivons ici quelques-uns des plus significatifs :

II. *Gerbes de mésotons.* — Sur le cliché de la figure 2, une gerbe de 7 rayons pénètre dans la chambre. Son origine paraît se trouver dans la cloison. Deux ou trois trajectoires sont arrêtées dans l'écran de plomb 15^{mm} qui divise la chambre, mais trois sont pénétrantes et ne subissent que de faibles déviations. Le proton issu de l'écran de plomb pourrait avoir été éjecté par l'un de ces mésotons. Un quatrième corpuscule traverse l'écran mais n'appartient pas à la même gerbe.

L'explosion a bien eu lieu dans la cloison comme prévu. Elle a projeté des particules pénétrantes qui ne paraissent pas avoir subi d'accident en traversant la cloison et la matière interposée. Celles de ces particules qui ne traversent pas l'écran ne paraissent pas *a priori* différentes de nature ou d'énergie. Ces particules sont donc probablement absorbées en un seul acte avec une dégradation suffisante de l'énergie pour qu'aucune des particules secondaires ne puisse émerger du plomb.

Ces absorptions brutales sont courantes en physique nucléaire. Le proton expulsé par l'une des particules vient à l'appui de ces vues.

Enfin la particule pénétrante isolée appartient forcément à une autre gerbe de mésotons et suggère l'existence de gerbes simultanées comme celles que l'on observe dans les cascades d'électrons.

III. *Gerbes de paires.* — La détente qui a permis de saisir le cliché de la figure 3 était commandée par la coïncidence de trois compteurs écartés de 2^{m},50 les uns des autres ; deux d'entre eux étaient protégés par 4^{cm} de plomb. Il s'agit donc là de trajectoires faisant partie d'une grande gerbe de l'air particulièrement riche en rayonnements pénétrants. Une gerbe secondaire a jailli dans le laiton de la paroi supérieure de la chambre. Elle comprend une particule ionisante qui s'arrête dans le plomb. Des 14 autres trajectoires visibles, 10 sont groupées en 5 paires serrées, régulièrement disposées, sans pinceau central plus dense. Cette figure peut difficilement être attribuée à une gerbe en cascade ordinaire. En outre, l'un des corpuscules de la paire de gauche traverse avec une faible déviation. La plupart des autres trajectoires sont bloquées, sauf celles de la quatrième paire qui donnent naissance à une gerbe secondaire de 7 trajectoires. Deux au moins des corpuscules ne sont donc pas des électrons.

Il est tentant de considérer cette gerbe comme une gerbe de mésotons dont certains traversent, d'autres sont bloqués et d'autres font jaillir une nouvelle gerbe. Trois clichés Wilson [3] antérieurement connus nous ont également montré des paires de mésotons.

---

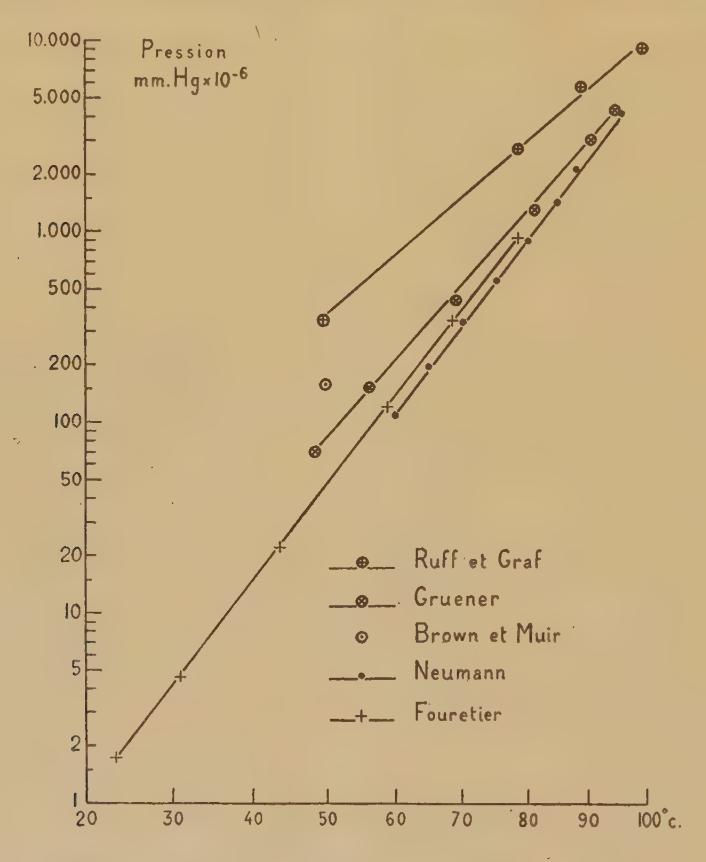
(3) HERZOG et BOSTIK, *Phys. Rev.*, 59, 1941, p. 122; HUGUES, *ibid.*, 60, 1941, p. 1414; SOWELL, *ibid.*, 60, 1941, p. 513.

PHYSICOCHIMIE. — *Mesure de la pression de vapeur saturante du soufre orthorhombique.* Note de M. **Georges Fouretier**, présentée par M. Charles Fabry.

La pression de vapeur saturante du soufre solide a été étudiée :

a. par la méthode du courant gazeux, par Gruener (¹), Ruff et Graf (²) et (³) et Brown et Muir (⁴);

b. par la méthode d'écoulement moléculaire, par Neuman (⁵). Celui-ci a modifié la méthode de la façon suivante : il mesure la force de réaction exercée



par la vapeur de soufre sur la paroi opposée à l'orifice d'écoulement et la vitesse d'évaporation à travers cet orifice. La première mesure lui donne P et la seconde $P\sqrt{M}$, P étant la pression de vapeur saturante du soufre et M sa masse moléculaire.

(¹) *J. Am. Chem. Soc.*, 29, 1907, p. 1396.
(²) *Ber. d. Deutsch. Chem. Ges.*, 40, 1907, p. 4199.
(³) *Z. anorg. Chem.*, 58, 1908, p. 209.
(⁴) *Phys. Rev.*, 2ᵉ série, 41, 1932, p. 111.
(⁵) *Z. Phys. Chem.*, Abt., A, 171, 1934, pp. 399 et 416.

Ces diverses mesures ont donné des nombres extrêmement divergents; par exemple pour 50°, les nombres interpolés sur les courbes des divers expérimentateurs sont en mm Hg $\times 10^{-6}$: 68 (1), 360 (2 et 3) — 155 (4) et 37,1 (5). De plus les pentes des courbes ne sont pas les mêmes, de sorte que les divergences, relativement faibles aux températures élevées (vers 100°), vont en s'accentuant aux basses températures. Dans ces conditions il était intéressant d'appliquer au soufre notre méthode de mesure directe des pressions de vapeur par action sur un piston ([6]). Nous donnons dans le tableau ci-dessous les résultats de nos mesures à côté de ceux des autres auteurs en mm Hg $\times 10^{-6}$.

Température (°C)	23,0.	30,9.	43,7.	48,6.	49,7.	50.	56,4.	58,4.
Résultats personnels.	1,7	4,65	22	–	–	–	–	119
Gruener	–	–	–	70	–	–	150	–
Ruff et Graf	–	–	–	–	340	–	–	–
Brown et Muir	–	–	–	–	–	155	–	–
Neuman	–	–	–	–	–	–	–	–

Température (°C)	60,8.	64,9.	68,3.	68,8.	70,0.	74,9.	78,3.	78,4.
Résultats personnels.	–	–	338	–	–	–	920	940
Gruener	–	–	–	430	–	–	–	–
Ruff et Graf	–	–	–	–	–	–	2700	–
Brown et Muir	–	–	–	–	–	–	–	–
Neuman	108	194	–	–	328	544	–	–

D'ailleurs il résulte des mesures de Neuman que la masse moléculaire de la vapeur de soufre aux températures considérées correspond à la formule S_8.

Nos résultats peuvent se représenter par la formule $\log P = 11,664 - 5166/T$, P étant la pression de vapeur exprimée en mm Hg et T la température en °K.

Température (°C)	23,0.	30,9.	43,7.	58,4.	68,3.	78,3.	78.4.
p mesurée en mm Hg $\times 10^{-6}$	1,7	4,65	22	119	338	920	940
p calculée par la formule	1,67	4,72	23	124	343	927	936

Nos résultats sont donc bien cohérents; de plus ils sont bien reproductibles, comme le montrent les mesures à 78°,3 et 78°,4, faites l'une au début et l'autre à la fin de la série. Dans l'ensemble ils sont beaucoup plus voisins des nombres de Neuman que des autres. La différence à peu près constante en valeur relative entre ces nombres et les nôtres pourrait s'expliquer par une erreur de Neuman sur la surface d'écoulement réellement mise en jeu, ou par le fait que l'orifice utilisé ne peut pas être considéré comme étant en mince paroi comme Neuman l'a admis. Quant aux différences existant entre les résultats de notre méthode et ceux de la méthode du courant gazeux, elles posent la question de la formule de la vapeur de soufre, qui paraît cependant tranchée par le travail de Neuman, car les erreurs possibles sur la surface de l'ouverture en mince paroi équivalente à l'orifice d'écoulement doivent affecter dans la même proportion les déter-

([6]) *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 667.

minations de P et de $P\sqrt{M}$ sans modifier finalement le résultat obtenu pour M. Étant données les divergences des divers auteurs qui ont employé la méthode du courant gazeux, il semblerait légitime d'incriminer la présence de petites quantités d'impuretés volatiles dans le soufre employé par eux. Cette cause d'erreur est éliminée dans le travail de Neuman et dans le nôtre, du fait que dans l'un et l'autre une fraction très importante de l'échantillon de soufre étudié est évaporée, contrairement à ce qui a lieu dans les méthodes d'entraînement.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la dévitrification sur la conductibilité électrique des verres du système* SiO^2-Na^2O. Note de M. **Marc Foëx**, présentée par M. Paul Lebeau.

Ce travail a pour objet l'étude de la conductibilité électrique du système SiO^2-Na^2O, soit vitreux, soit dévitrifié. Antérieurement Schwarz et Halberstadt [1] avaient déjà étudié la conductibilité électrique de trois verres de ce système ainsi que celle de quelques silicates de sodium cristallisés.

Les verres sont obtenus par fusion en creuset de platine de mélanges convenables de silice et de carbonate de sodium purs. Cependant les mélanges riches en silice, dont la fusion nécessite une température relativement élevée (1300° à 1800° C.), ont été fondus en creuset de carbone, chauffé sous vide dans un four à résistance de graphite. Les échantillons ainsi préparés sont soigneusement recuits, puis analysés.

On effectue les mesures de conductibilité électrique, en courant alternatif, sur des éprouvettes de 1 à 2^{cm} de longueur et de 0,4 à $0^{cm^2},8$ de section.

Après mesure de leur conductibilité, les verres sont dévitrifiés par traitement à une température suffisamment élevée suivi d'un refroidissement lent.

A l'extrémité du système, pour la silice pure, on a utilisé une éprouvette de quartz finement broyé et aggloméré.

La variation de la résistivité ρ des échantillons vitreux et dévitrifiés se fait dans de larges intervalles de température suivant la relation $\rho = A e^{B/T}$, où A et B sont deux constantes dépendant de la composition de l'échantillon étudié et T la température absolue. La variation est moins rapide (B plus petit) pour les verres que pour les produits dévitrifiés, elle est maximum lorsque ces derniers sont formés par un composé défini cristallisé ($2SiO^2$-Na^2O, SiO^2-Na^2O). Dans les différents cas la conductibilité électrique des échantillons est d'ordre électrolytique.

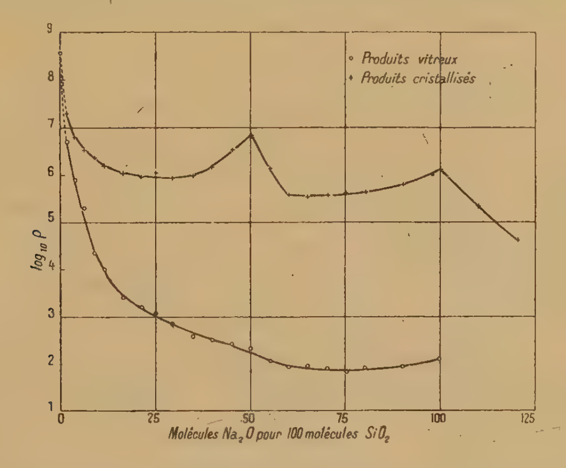
Les courbes isothermes (450° C.) de la figure sont obtenues en portant les logarithmes des résistivités (ohms-cm) des échantillons étudiés (verres et produits dévitrifiés) en fonction de leur composition moléculaire.

---

(1) *Zeits. anorg. Chem.*, 199, 1931, p. 33.

Partant de la silice, considérons les verres de teneur croissante en oxyde de sodium : la résistivité diminue d'abord rapidement, puis de moins en moins vite à mesure que la teneur en alcali augmente, elle passe ensuite par un minimum très étalé (60 à 80 Na^2O-100 SiO^2) et se relève enfin très légèrement au voisinage de la composition SiO^2-Na^2O, dans les conditions de nos essais.

La résistivité des produits dévitrifiés diminue aussi très rapidement avec l'augmentation de la teneur en oxyde de sodium. La courbe passe par un minimum très étalé (20 à 35 Na^2O-100 SiO^2), puis présente ensuite un premier maximum (2 SiO^2-Na^2O). Après une autre région de valeurs minima (60 à 80 Na^2O-100 SiO^2), la courbe se relève à nouveau et atteint un deuxième maximum (SiO^2-Na^2O). Les deux maxima correspondent aux composés définis mis en évidence par les courbes de fusion [2]. Les eutectiques SiO^2 (quartz)-2 SiO^2-Na^2O (34,2 Na^2O-100 SiO^2) et 2 SiO-$^2Na^2O$ SiO^2-Na^2O (59,1 Na^2O-100 SiO^2) se situent dans les zones de résistivité minima.



On observe, au voisinage du point de fusion des composés définis ou des mélanges eutectiques, une augmentation considérable de la conductibilité électrique.

En l'absence d'oxyde de sodium, la résistivité du verre de silice (10^8-10^9 ohms à 450°C.) est presque du même ordre que celle du quartz broyé et aggloméré (10^9-10^{10} ohms à 450°C.). La différence diminue lorsque la température s'élève et est encore très réduite si l'on opère sur un verre de silice broyé et aggloméré dans les mêmes conditions que le quartz. Le rapport des résistivités des produits dévitrifiés et vitreux augmente rapidement avec la teneur en oxyde de sodium et devient très important; il atteint des valeurs maxima pour les compositions stœchiométriques 2 SiO^2-Na^2O et SiO^2-Na^2O (32500 et 10000 à 450°C.); enfin il est d'autant plus considérable que la température de mesure est moins élevée.

---

(2) F. C. Kracek, *J. Phys. Chem.*, 34, 1930, p. 1583.

Dans le cas d'une dévitrification partielle des verres silico-sodiques, généralement la conductibilité électrique diminue plus ou moins rapidement à mesure que la dévitrification progresse. Cependant la conductibilité des verrres plus riches en silice que l'eutectique SiO^2 $2SiO^2$-Na^2O (34,2 Na^2O-100 SiO^2) augmente tout d'abord, lorsqu'on les dévitrifie à une température supérieure à celle de l'eutectique (793°C.). On provoque alors une cristallisation de silice [quartz au-dessous de 870°C., tridymite entre 870° et 1470°C. ([2])], le verre s'enrichit en oxyde de sodium, sa conductibilité croît, augmentant ainsi la conductibilité du produit partiellement dévitrifié. Par dévitrification totale à une température inférieure à 793°C., la conductibilité diminue beaucoup.

En résumé, *la dévitrification totale d'un verre silicosodique a donc pour effet de diminuer considérablement sa conductibilité électrique.*

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Dosage de la silice.*
Note de M. **Clément Duval**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le silicomolybdate d'hexaméthylène tétramine

$$[Si(Mo^2O^7)^6]H^8.(C^6H^{12}N^4)^4.4H^2O,$$

dont la préparation est indiquée dans une Note précédente ([1]), peut se prêter au dosage volumétrique de la silice comme à son dosage gravimétrique d'après l'un des trois procédés suivants.

Première méthode de dosage. — Le précipité, recueilli sur un microcreuset filtrant ou sur un papier-filtre sans cendres, lavé avec l'acide acétique et l'alcool éthylique, est légèrement desséché à l'étuve, puis introduit (avec le creuset ou le papier) dans un ballon à distiller à large goulot de 300^{cm^3} (modèle servant au dosage des goudrons), contenant 50^{cm^3} d'eau distillée et 1,5 à 2^g d'acide tartrique. Le reste de l'opération est conduit comme l'indique Paulais ([2]). Le silicomolybdate est détruit à l'ébullition et l'aldéhyde formique résultant transformé en sa combinaison bisulfitique puis titré par iodométrie. La méthode est particulièrement avantageuse même si l'on fait une légère erreur dans les titrages. En effet 1^{mg} de silice correspond à 8^{cm^3} d'iode décinormal.

En accord avec Paulais, et à condition d'obéir aux prescriptions de son Mémoire, nous estimons que la précision atteinte est de l'ordre de 1/100. Le procédé se prête encore aux déterminations microchimiques, par exemple au dosage de 0^{mg},1 de silice dans 1^{cm^3} de liquide; mais il est certainement possible de descendre au-dessous de cette teneur, limite à laquelle nous avons opéré et de doser la silice dans les cendres végétales et dans les alliages légers.

La durée de l'opération totale est 2 h. 15 min., c'est-à-dire du même

---

([1]) *Comptes rendus*, **218**, 1944, p. 119.

([2]) *Bulletin des Sciences pharmacologiques*, **49**, 1942, p. 191.

ordre de grandeur que la gravimétrie dans laquelle on pèse l'ensemble $SiO^2 + 12 MoO^3$.

Avant d'avoir connaissance du travail de Paulais, nous utilisions le dosage de l'hexaméthylènetétramine par la méthode bien connue de Bougault et Gros ([3]). Dans ce cas une molécule-gramme de silice correspond encore à 48 atomes-grammes d'iode. La précision est la même, ainsi que la durée de l'opération.

Deuxième méthode volumétrique. — Le précipité, de silicomolybdate d'hexaméthylènetétramine est préparé dans un becher-filtre d'Emich avec un volume connu de solution de formine titrée (1^g de substance dans 1^{cm^3} d'eau). La liqueur filtrée, recueillie ainsi que les eaux de lavage (liqueur d'acide tartrique à 25 %), est soumise à l'entraînement par la vapeur d'eau. Il n'y a pas lieu de se préoccuper du trouble laiteux pouvant apparaître parfois dans l'action de l'acide organique sur le molybdate d'ammonium en excès. Cette méthode par différence est un peu moins précise que la première, mais elle permet de gagner une dizaine de minutes. La quantité d'hexaméthylènetétramine en excès est égale au nombre de centimètres cubes d'iode décinormal utilisés pour effectuer le deuxième virage de l'amidon, multiplié par le facteur 0,00117.

Troisième méthode volumétrique. — La liqueur jaune de silicomolybdate alcalin peut être dosée à l'aide d'une solution titrée d'hexaméthylènetétramine en suivant la précipitation par conductibilité (montage classique de Kohlrausch-Dutoit). Dans le vase à électrodes de platine (non récemment replatinées, pour éviter la réduction catalytique du molybdate en bleu de molybdène), on dispose 1^{cm^3} de la solution à doser (contenant de $0^{mg},1$ à 2^{mg} de silice), 8 gouttes d'une solution de molybdate d'ammonium à 20 %, 0,5 à 1^{cm^3} d'acide acétique cristallisable (quantité déterminée préalablement sur un témoin de façon à amener le pH de la liqueur au voisinage de 3). La liqueur titrée d'hexaméthylènetétramine (environ 9^g par litre d'eau) est préparée par pesée directe sur un produit parfaitement inodore et se conserve bien pendant plusieurs mois. Versée avec la microburette, elle conduit à un point anguleux de la courbe : résistance électrique/volume de réactif, d'autant plus net que l'agitation a été plus parfaite entre deux additions de liqueur. La précision atteinte est de 1/40. La durée du titrage varie de 10 à 20 minutes. Remarquons que la méthode gravimétrique n'est pas quantitative si l'on opère à froid, mais, en électrotitrage, il n'est pas nécessaire d'opérer à 65° pour obtenir des résultats acceptables compatibles avec une méthode aussi rapide.

---

(1) *Journal de Pharmacie et de Chimie*, 7e série, **26**, 1922 p. 5; GROS, *ibid.*, 8e série, **22**, 1935 p. 241.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sels basiques à fonction bétaïne dans la série des pyridiniums quaternaires.* Note de MM. **Jean-Albert Gautier** et **Eugène Leroi**, présentée par M. Marcel Delépine.

Nous avons fait connaître ([1]) l'existence, dans la série des bases bis-pyridiniums à fonction acide, de sels quaternaires anormaux *basiques* (II) qui résultent de l'élimination *spontanée* d'une molécule d'hydracide à partir d'une molécule du sel *neutre* normal (I), avec création d'une liaison bétaïnique

$$(CH^2)^n\begin{cases} \overset{X}{|}\\ N{\equiv}C^5H^4CO^2H \\ N{\equiv}C^5H^4CO^2H \\ \underset{X}{|} \end{cases} \;\rightarrow\; (CH^2)^n\begin{cases} \overset{X}{|} \\ N{\equiv}C^5H^4CO^{2\,\ominus} \\ N{\equiv}C^5H^4CO^2H \\ \oplus \end{cases} + XH.$$

(I) (II)

Nous avons montré aussi que cette dernière unissait, selon toute probabilité, azote et carboxyle de deux cycles différents d'une même molécule.

Ce phénomène singulier, que nous avons observé également dans le cas de certains mono-pyridiniums ([2]), a été rarement signalé jusqu'ici chez les dérivés de la pyridine; il rappelle la formation bien connue des sels *basiques* d'amino-acides ou de bétaïnes, pour laquelle nulle explication de caractère général n'a été proposée, et peut contribuer à l'éclaircir.

Nous avons donc étudié la formation des sels basiques dans la série des bis-pyridiniums rappelée plus haut, en faisant varier systématiquement la longueur de la chaîne carbonée entre azotes $(CH^2)^n$, ainsi que la nature de l'halogène, $X = Cl$, Br et I. Nous avons pour cela préparé tout d'abord les bromures, en condensant l'acide nicotinique avec les carbures ω-dibromés symétriques (de C^2 à C^6).

L'acide est chauffé en tube scellé à 150° avec un excès du dibromure d'alcoyle; à l'ouverture du tube, le contenu en est dissous dans l'eau; après décoloration, le sel cristallise par concentration ou addition d'acétone, puis on le fait recristalliser de l'alcool aqueux.

Ultérieurement un procédé d'obtention par voie détournée s'est révélé plus pratique : il est basé sur la facile condensation de l'*amide* nicotinique avec les mêmes dibromures d'alcoyle, suivie de l'hydrolyse du dibromure de bis-carbamino-pyridinium obtenu (III) :

$$\text{(III)}\qquad H^2NOC{-}C^5H^4\underset{Br}{\underset{|}{N}}{-}(CH^2)^n{-}\underset{Br}{\underset{|}{N}}C^5H^4{-}CONH^2,$$

en sel de bis-carboxypyridinium (I) ou (II).

([1]) *Comptes rendus*, 216, 1943, p. 669.

([2]) Recherches inédites.

Une molécule d'amide en solution éthylique saturée est chauffée au bain-marie avec une molécule de dibromure d'alcoyle; au cours du chauffage on observe rapidement une précipitation massive du produit, qu'on essore après avoir chauffé encore une à deux heures. Le sel (III), recristallisé de l'alcool aqueux, est hydrolysé par ébullition avec Br H concentré, puis on évapore à sec; le résidu est constitué par un mélange de sel de bis-carboxypyridinium [(I) ou (II)] et de $BrNH^4$, qu'on sépare par cristallisation fractionnée.

En possession des bromures quaternaires, nous accédions aisément aux bis-bétaïnes correspondantes

$$\text{(IV)} \qquad \overset{\ominus}{O^2C}—C^5H^4\overset{\oplus}{N}—(CH^2)^n—\overset{\oplus}{N}C^5H^4—\overset{\ominus}{CO^2}$$

par déshalogénation au moyen de OAg^2; puis, des bis-bétaïnes, nous régénérions, par traitement avec les divers hydracides, les sels quaternaires respectivement chlorés, bromés et iodés. Or, la nature des sels obtenus, représentés par les formules générales (I) ou (II), varie suivant qu'on fait, dans ces formules, X = Cl, Br ou I, $n = 2$, 3, 5 ou 6.

Parfois on a obtenu d'emblée le sel neutre *normal* (I) à l'état stable, sans rencontrer près de lui le dérivé basique (II); dans d'autres cas on a isolé tout d'abord un sel neutre, mais qui, plus ou moins instable, n'a pas tardé, au cours des recristallisations, à se dissocier en une molécule de sel basique et une molécule d'hydracide; dans d'autres cas encore, le sel basique a seul été isolé, sans qu'il soit possible même d'entrevoir le sel neutre.

Il est clair que ces observations traduisent la propension variable des sels (I) à la dissociation, ou, ce qui revient au même, l'aptitude à la bétaïnisation que présentent carboxyle et azote opposés. Ajoutons que, dans le cas de la formation exclusive ou non du sel basique, toutes les tentatives d'obtention directe ou détournée d'un sel neutre correspondant stable ont échoué.

Nos résultats sont résumés dans le tableau ci-dessous; *n* désigne le nombre de chaînons méthyléniques entre azotes; N indique la formation d'un sel neutre stable; N/B, d'un sel neutre instable évoluant en sel basique; B, d'un sel basique exclusivement.

	$n = 2$.	$n = 3$.	$n = 5$.	$n = 6$.
Cl...........	B	N/B	N	N
Br...........	B	N/B	N/B	N
I.............	B	B	B	N

On voit que la stabilité du sel neutre croît : 1° quand s'allonge la chaîne méthylénique; 2° quand on passe de l'iode au brome puis au chlore.

Nous tentons présentement d'interpréter, à la lumière de ces faits, la formation des sels basiques de bétaïnes.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Dérivés quinoléiques à partir de l'aldéhyde dimère de l'aldéhyde crotonique.* Note de M. **Jean Jacques**, présentée par M. Marcel Delépine.

Le dimère de l'aldéhyde crotonique est, d'après M. Delépine, l'aldéhyde éthylénique (I). Il semblerait donc pouvoir jouer, dans ses réactions avec les amines aromatiques, le rôle que l'on prête aux dérivés carbonylés α éthyléniques dans l'explication classique des synthèses quinoléiques de Skraup et de Doebner et Miller. Conformément à l'hypothèse admise, j'ai pu, à partir de cet aldéhyde, synthétiser des dérivés quinoléiques d'un type nouveau, avec toutefois cette intéressante singularité qu'il m'a été possible de saisir, l'une après l'autre, les diverses étapes qui y mènent.

Il ne sera fait état dans la présente Note que des produits obtenus à partir de l'aldéhyde dicrotonique et de la *p*-toluidine : ces corps offrent en effet l'exemple d'une série de transformations faciles à conduire avec un bon rendement. Mais il est possible d'étendre ces résultats à des anilines substituées très diverses.

Une molécule d'aldéhyde (I) se combine à froid avec deux molécules d'amine aromatique pour donner des corps de la forme (II). Une molécule de base se fixe sur la double liaison, une autre réagit avec la fonction aldéhyde pour

(I) (II) (III)

donner une base de Schiff. Cette base est hydrolysée à froid par les acides dilués et, par suite du départ d'une seule des deux molécules de l'amine combinée précédemment, il se forme des corps répondant à la forme brute de

(IV) (V)

(VI) (VII)

l'amino-aldéhyde (III), mais dont la structure pourrait aussi bien être (IV) ou (V). Le choix entre ces trois formules s'avère délicat.

Quoi qu'il en soit, ces corps, à leur tour, traités à ébullition par un acide fort étendu, fournissent un mélange de tétrahydroquinoléine et de quinoléine à cycle pyranique accolé répondant aux schémas (VI) et (VII).

$C^{22}H^{28}ON^2$ (II). — On mélange une molécule d'aldéhyde dicrotonique et deux molécules de *p*-toluidine. Après 24 heures on reprend la masse brune par l'alcool froid. Le dérivé attendu cristallise. On essore et lave à l'alcool pour éliminer les résines colorées. Rdt brut, environ 70 %. Le produit recristallisé deux fois dans l'acétone fond vers 179° avec décomposition partielle. Il se présente sous forme d'aiguilles incolores très peu solubles dans l'alcool.

$C^{15}H^{21}O^2N$ (III). — A $11^g,2$ (1/30 de mol.) du corps précédent mouillé par quelques gouttes d'alcool on ajoute 100^{cm^3} d'eau et 10^{cm^3} de SO^4H^2 conc. La base se dissout rapidement, surtout si l'on tiédit un peu. Dès que la solution est limpide, on ajoute 40^{cm^3} de soude à 36° B. Il se forme immédiatement un magma cristallin tandis que la solution dégage une forte odeur de *p*-toluidine. Celle-ci est entraînée à la vapeur d'eau. Le produit cristallin non entraîné est essoré, lavé à l'eau, séché et recristallisé dans l'alcool. Le rendement est voisin de la théorie. Aiguilles fondant à 192-193°. Solubilité dans l'alcool à 9° : $2^g,28$ dans 100^{cm^3}. Ce corps réduit le nitrate d'argent.

$C^{15}H^{21}ON$ (VI). — 10^g du produit précédent sont additionnés de 60^{cm^3} d'eau et 20^{cm^3} de ClH conc. On fait bouillir à reflux une demi-heure. Dès que la dissolution est presque achevée, il précipite un chlorhydrate en aiguilles. On en a environ $3^g,5$, ce qui ne représente qu'une faible partie de ce qu'on aurait pu attendre; nous verrons qu'il s'est formé en même temps un chlorhydrate plus soluble. Le chlorhydrate peu soluble ($0^g,7$ pour 100^{cm^3} d'eau froide) est titré par la soude en présence de phtaléine, et la base en est libérée. Celle-ci, recristallisée dans l'alcool, se présente en gros prismes allongés F 105-106°. Son analyse correspond à celle de la tétrahydroquinoléine (VI). Cette base et ses sels réduisent le nitrate d'argent à froid. Elle donne un picrate (F 197-198°), un nitrate peu soluble, un chloroplatinate qui cristallise avec $4OH^2$ et qui se détruit à l'ébullition en libérant du platine. Traitée convenablement, cette hydroquinoléine fournit un dérivé nitrosé et un dérivé benzoylé, ce qui confirme bien la structure proposée.

$C^{15}H^{17}ON$ (VII). — L'eau mère ayant abandonné le chlorhydrate du corps précédent, concentrée jusqu'à ce qu'elle n'en laisse plus déposer, est filtrée et additionnée d'un excès de soude. On recueille une poudre blanche, qu'on fait recristalliser dans l'alcool. Cristaux en carrés F 135°. C'est la quinoléine VII.

Elle ne réduit pas le nitrate d'argent, mais donne au contraire un composé d'addition avec ce dernier $C^{15}H^{17}ON, NO^3Ag$.

Elle fournit un picrate très peu soluble dans l'alcool (F 217-218°) et un chloroplatinate cristallisé en rectangles dont les solutions aqueuses sont stables à l'ébullition. Son chlorhydrate est si soluble qu'il donne des sirops qui ne cristallisent que difficilement. C'est la différence de solubilité de ces sels qui permet de séparer aisément les deux produits formés par dismutation.

LITHOLOGIE. — *Sur les associations de minéraux lourds de quelques rivières de la bordure sud du Bassin de Paris.* Note de M. **Boris Brajnikov** et Mlle **Solange Duplaix.**

L'alluvion d'un cours d'eau représente en quelque sorte un échantillon moyen des minéraux *stables* contenu dans les roches qui affleurent en amont dans son bassin. Cet énoncé, généralement vrai, doit être commenté ainsi : la nature et la dimension des grains minéraux charriés par le cours d'eau sont fonction de sa *compétence* (1); l'apport des versants est fonction de leur pente, du régime pluviométrique local, de leur nature et de celle de leur revêtement. En définitive la composition de l'alluvion est fonction de

$$\text{compétence du fleuve} + \frac{\text{écoulement, nature des versants}}{\text{compétence du fleuve}}.$$

On ne sait pas départager quantitativement la contribution de chacun de ces deux facteurs, mais il est évident que le rôle dominant incombe à la compétence du fleuve. Enfin il faut réserver le cas très spécial des rivières à estuaires (2).

La compétence des rivières qui descendent du versant nord du Massif Central est généralement grande; ceci laisse prévoir que leurs alluvions doivent être, pour une grande partie, composées des éléments provenant de leur bassin supérieur montagneux. C'est ce que révèle effectivement leur analyse minéralogique.

Les alluvions de ces rivières montrent les particularités suivantes : 1° dimension généralement grande des grains; 2° relative richesse en minéraux lourds; 3° disposition régionale, qui y laisse reconnaître les trois zones d'associations isochtones (3) indiquées ci-après :

à l'Ouest, le Clain (Poitiers), caractérisé par la prédominance de minéraux de métamorphisme avec *tourmaline* et *zircon* assez abondants;

au Centre, la Vienne (Limoges), la Creuse (Chitray), le Cher (Veretz) et l'Indre (Châteauroux, basse terrasse) sont caractérisés par de l'*amphibole* avec de l'*épidote* et des *grenats* souvent abondants et aussi par leur pauvreté en *zircon* et en *tourmaline*. On peut en rapprocher les alluvions de l'Indre à

---

(1) Ce mot a été emprunté par J. Bourcart de l'anglais *competency*, qui signifie « la faculté d'un cours d'eau de transporter les débris, évaluée par la dimension de la plus grande particule, galet ou bloc, qu'il peut déplacer en avant » [*Webster's New Intern. Diction. of the Engl. Lang.*, 1917. Cf. G. K. Gilbert, *The transportation of debris by running water* (*U. S. G. S., Prof. Pap.*, 86, 1914)].

(2) B. Brajnikov, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 572.

(3) *Ibid.* Je dis que deux associations ou formations sont *isochtones* quand leurs matériaux constituants sont originaires d'un même bassin d'alimentation; dans le cas contraire elles sont *hétérochtones*.

Buzançais, dont les minéraux dominants sont le *grenat* et l'*épidote*, mais avec une proportion notable des éléments métamorphiques et de *tourmaline* et très peu d'*amphibole*;

à l'Est, la Loire (Amboise) et l'Allier (Vichy), remarquables par leur richesse en *pyroxènes monocliniques*, pouvant atteindre près de 80 % des grains de minéraux lourds.

Les pyroxènes de la Loire doivent provenir directement du Massif Central cristallin, les dépôts secondaires et tertiaires des bassins de ces deux cours d'eau, étudiés jusqu'à maintenant, ne les renfermant que très rarement. On ne peut préciser davantage l'origine de ceux-ci que pour l'une des variétés reconnues, pour l'*augite gris mauve* que nous avons trouvée dans les produits de décomposition des basaltes à Saint-Flour, et qui semble être caractéristique des dépôts miocènes du Centre du Bassin de Paris ([4]). Cette augite serait donc originaire des basaltes auvergnats.

L'ensemble amphibole-épidote-grenat représente l'association type provenant des roches éruptives et métamorphiques du Limousin, observation corroborée par les études pétrographiques de J. Gandillot ([5]).

Le bassin du Clain est entièrement situé dans une série sédimentaire (Crétacé et Tertiaire), à part quelques pointements cristallins très réduits. L'origine de l'ensemble métamorphique qui caractérise ses alluvions doit donc être cherchée dans cette série sédimentaire. Ce sont surtout les formations continentales miocènes ou pliocènes qui ont fourni ces matériaux. On doit probablement assigner la même origine à l'ensemble métamorphique qui domine dans les dépôts de terrasses (a^1 et a^2) du bas Cher (avec une forte participation de l'apport des versants) et qui est aussi assez abondant dans les alluvions de l'Indre à Buzançais et de la Théols à Issoudun.

ANATOMIE VÉGÉTALE. — *Recherches anatomiques sur le début de tumeurs corticales obtenues par inoculations superficielles de* Phytomonas tumefaciens *sur des tiges de* Pelargonium zonale. Note de Mlle **Christiane Noël**, présentée par M. Louis Blaringhem.

On sait qu'en inoculant le *Phytomonas tumefaciens* dans des tiges de *Pelargonium zonale*, de manière que la zone génératrice libéroligneuse soit atteinte, on obtient des tumeurs de structure complexe, constituées par un parenchyme renfermant une zone prolifératrice sinueuse. Toutefois, dans certains cas (Smith, Riker), on peut obtenir des tumeurs de structure analogue, mais sans relation avec le cylindre central et dérivant uniquement de l'écorce; il nous a paru intéressant de rechercher l'origine des tumeurs de ce type. Dans ce but

([4]) B. Brajnikov, *Comptes rendus*, 215, 1942, p. 491.

([5]) Communication verbale.

nous avons badigeonné de jeunes entre-nœuds de *Pelargonium* avec un pinceau enduit d'une couche épaisse de *Phytomonas tumefaciens*, nous avons réalisé des expériences témoins en nous servant d'un pinceau imbibé de la même solution que celle servant à cultiver la bactérie.

Le simple fait de passer un pinceau à la surface d'un jeune entre-nœud provoque des lésions; des poils sont brisés et les cellules épidermiques qui environnent leur base sont plus ou moins déchirées; ces lésions provoquent quelques recloisonnements des cellules voisines, mais la prolifération cesse rapidement. Parfois les régions lésées se recouvrent de liège qui dérive de la prolifération de l'assise sous-épidermique. Ces réactions sont dues seulement

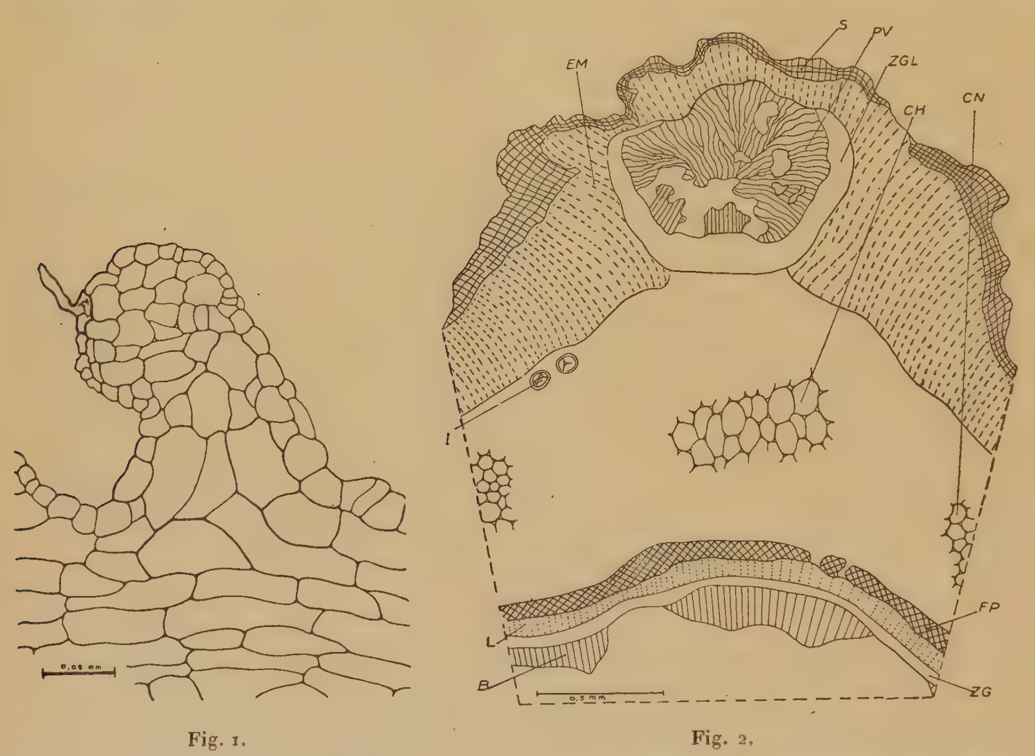


Fig. 1. — Coupe pratiquée dans une tumeur de *Pelargonium* obtenue par badigeonnage de la tige avec un pinceau chargé de *Phytomonas tumefaciens* (âge, 15 jours). Remarquer que le néoplasme dérive surtout de la division de l'épiderme et de l'assise sous-épidermique.

Fig. 2. — Coupe transversale dans une tige de *Pelargonium zonale* ayant produit une tumeur (âge, 34 jours). L'inoculation ayant été réalisée en badigeonnant la tige avec un pinceau chargé de *Phytomonas tumefaciens*. *PV*, parenchyme vasculaire; *ZGL*, zone génératrice libéro-ligneuse de la tumeur; *EM*, écorce modifiée; *S*, liège; *I*, infiltrations bactériennes dans des méats; *CH*, cellules corticales hypertrophiées; *CN*, cellules corticales demeurées normales; *FP*, fibres pricycliques; *ZG*, zone génératrice normale de la tige; *B*, bois.

au traumatisme provoqué par le pinceau, car elles se manifestent lorsque celui-ci n'est pas imbibé de solution nutritive.

Si le badigeonnage est effectué avec du *Phytomonas tumefaciens*, on observe au début les mêmes phénomènes que sur les témoins; ici la prolifération est

durable et aboutit à la formation de petites protubérances qui font saillie à la surface de la tige (*fig.* 1). Les cellules qui se multiplient le plus activement sont celles de l'assise sous-épidermique; l'épiderme et la deuxième assise de l'écorce se divisent aussi avec une moindre activité.

Certaines tumeurs proviennent des cellules environnant les bases de poils lésés; d'autres dérivent de stomates. On remarque, en effet, que les cellules bordant certaines chambres sous-stomatiques se cloisonnent sous l'influence des gouttes bactériennes ayant pénétré par l'ostiole, et qui forment un dépôt caractéristique dans la chambre. Toutefois la pénétration pourrait être favorisée par des traumatismes survenus au cours du badigeonnage.

Fréquemment la croissance de la tumeur s'arrête au bout de 15 jours; d'autres fois le développement se poursuit, et la tumeur favorisée, d'abord parenchymateuse, présente des cellules scléreuses groupées. Entre chacun des nodules ligneux et les éléments parenchymateux environnants, il se différencie une zone génératrice qui produit des vaisseaux aberrants sur sa face interne, et un tissu libérien anormal sur la face opposée (*fig.* 2, *ZGL*). Le tissu cortical environnant la tumeur proprement dite se modifie aussi par multiplication de ses cellules externes et par la seule hypertrophie des cellules situées dans la partie profonde. On distingue en outre, dans le tissu demeuré sain de l'écorce, des infiltrations bactériennes (*fig.* 2, *I*); la surface de la tumeur se couvre de liège.

Ainsi, par des lésions des plus infimes, on peut obtenir, à partir du parenchyme cortical externe, des tumeurs de structure complexe renfermant des zones génératrices libéroligneuses.

GÉOGRAPHIE BOTANIQUE. — *Sur la répartition et le mode de propagation du* Spartina Townsendi *sur la côte occidentale du département de la Manche.* Note (1) de M. **Jean Jacquet**, présentée par M. Auguste Chevalier.

Le *Spartina Townsendi*, H. et J. Groves, a été découvert sur la côte W de la Manche par Potier de la Varde (2) à Saint-Léonard en 1930. De ce point initial de dispersion, la graminée a gagné Genêts en 1932 (3), puis Saint-Jean-le-Thomas en 1934 (4), et, après un temps d'arrêt pour doubler la pointe de Granville, d'un seul coup, en 1939, les hâvres de Bricqueville (5) et Blainville (6). Une étude récente (7) sur son extension dans celui de Regnéville,

(1) Séance du 24 janvier 1944.
(2) *Bull. Soc. Linn. de Normandie*, 8e série, 3, 1930, p. 51.
(3) *Ibid.*, 8e série, 6, 1933, p. 71.
(4) *Ibid.*, 8e série, 7, 1934, p. 105.
(5) R. Potier de la Varde et P. Senay. *Bull. Soc. Bot. de Fr.*, 86, 1939, p. 388.
(6) R. Meslin, *Bull. Soc. Linn. de Normandie*, 9e série, 2, 1941, p. 153.
(7) J. Jacquet, *ibid.*, 9e série, 3, 1943, p. 71.

m'a permis d'y fixer son apparition à peu près à la même époque. Cette dissémination progressive du S au N doit être interprétée comme la preuve d'un apport par la mer. L'hypothèse est confirmée par les cartes de Hédouin, et les travaux de Thévenet ([8]), Lemoine ([9]) et Devoir ([10]), qui, tous, indiquent un courant littoral de flot du S au N. Après les marées du 14-17 octobre dernier, qui recouvrirent la grande spartinaie de Genêts, la laisse de haute mer devant les dunes du Bec d'Andaine était constituée presque uniquement de graines de *Spartina*, sur une largeur de 40^{cm} et s'allongeant immensément vers le N. Par contre, au sud de la spartinaie, aucune constatation semblable n'a pu être faite. Enfin l'allure de la colonisation de l'estuaire de la Sienne, que j'ai décrite antérieurement ([7]), témoigne aussi d'une origine maritime en provenance du S : implantations nombreuses et anciennes dans le présalé de la rive N, localisées dans la région la plus proche de l'ouverture du hâvre, et quelques pieds seulement, plus jeunes et secondaires, sur la rive S.

A Genêts s'étend une prairie presque pure, du Grouin du S, au Bec d'Andaine et couvrant vers le large $1^{km},5$ à 2^{km}. En avant, de nombreux pionniers de la végétation gagnent la tangue nue. Ainsi l'association, une fois constituée, s'est accrue dans une direction propre. Il y a donc lieu de distinguer un sens de dispersion de l'espèce (du S au N sur la côte W du Cotentin) et un sens d'extension de la colonisation (orienté à Genêts d'E en W).

La multiplication est favorisée par le transport de très nombreux pieds arrachés en entier, en raison de la violence des courants dans la baie du Mont Saint-Michel. Certains sont fertiles et en juillet dernier, j'ai pu, sur la rive gauche de la Sée, en observer un, dont les racines d'une extrémité du rhizome s'étaient fixées activement, tandis que le reste de l'épave flottait encore librement dans l'eau.

Cette facilité d'installation se traduit par la création de stations nouvelles : de multiples touffes, isolées, parsèment actuellement l'anse de Vains dans la Sée. Au confluent Sée-Sélune s'est établi un tapis végétal où la plante est largement représentée. A l'E de la pointe de Roche-Torin (constituée de phyllades et non de sédiments modernes comme l'indique la carte géologique, f. 61), où un schorre abrité des courants a pu se conserver, tous les marigots y sont fortement colonisés, alors que 2 ou 3 pieds seuls ont pu apparaître à la surface. D'autres se sont installés à l'E des digues de Céaux, dans des conditions identiques : sur toute la rive gauche de la Sélune, le *Spartina* n'existe que suivant le mode abrité. L'obligation imposée par sa biologie de ne pas dépasser une violence donnée des courants, limitera son extension : il n'est pas absolument certain que la prédiction d'Olivier ([11]) sur

---

([8]) *Notice sur le Port de Granville*, 1877.

([9]) *C. R. Congr. Nat. Soc. Fr. Géogr.*, 24e sess., Rouen, 1903, p. 261.

([10]) *Bull. Inst. Océanogr.*, 125, 1908.

([11]) *Gardn. Chron.*, 75, 1924, p. 162.

l'envahissement total de la baie soit inéluctable, dans un avenir très rapproché. Le bord du Grouin du S, point très battu, est peuplé d'individus présentant des parties supérieures légèrement atrophiées et surtout des rhizomes abondants et d'une longueur considérable avec un lacis extraordinaire de racines à chaque nœud, dont bon nombre devenus en partie aériens par arrachement de la tangue stratifiée où ils se fixaient. Cette variation, due aux courants (quelques exemplaires abrités à l'intérieur des failles sont de type normal), se retrouvait sur une touffe placée à la limite de la zone protégée par la digue de Céaux et emportée par les marées d'équinoxe.

Le rôle de la mer dans la dispersion et même sur l'aspect du *S. Townsendi* paraît considérable. Dans les schorres de Roche-Torin, des digues de Céaux, champ d'aviation d'Avranches, îlots isolés dans l'anse de Vains, partout, on retrouve l'introduction dans le présalé par les ruisseaux reliés à la slikke, donc inondés plus souvent. A Genêts les couloirs qui s'infiltrent dans le schorre, les excavations creusées pour enlever la tangue, en général toutes les dépressions qui peuvent retenir graines et rhizomes apportés par la marée, deviennent autant de points d'invasion. Il n'est pas jusqu'à l'apparition primitive sur cette côte, restée mystérieuse jusqu'à ce jour, qui ne puisse être interprétée, si l'on veut bien se rappeler que « la mer monte dans le golfe méridional du Cotentin, non pas seulement grâce au flot de marée qui a longé la côte bretonne, mais aussi à l'aide du jusant refoulé par l'onde atlantique » (11). Or ce jusant y apporte les eaux de la baie de Seine, où la graminée est connue depuis longtemps.

BIOLOGIE AGRICOLE. — *Recherches sur la sélection, la grande variabilité et le rendement des Tournesols*. Note M. **Émile Brumpt**, présentée par M. Louis Blaringhem.

Le 1er avril 1942, nous avons ensemencé avec des graines de Tournesol du commerce une pièce de 19 ares du Domaine Universitaire de Richelieu (Indre-et-Loire). Nous avons pu examiner près de 2000 capitules de pieds uniflores qui représentaient environ 80 % de la plantation. Sur ces 2000 capitules, un seul était à graines noires à pigment violet soluble dans l'eau (exemplaire *A*) et huit à graines blanches (exemplaires 2, 17, *G*, *T*, *U*, *V*, *X*, *Y*).

Nous avons utilisé en 1943 une parcelle de terre voisine de celle cultivée en 1942, et comme cette dernière en friche depuis plusieurs années, simplement labourée, hersée et roulée, mais non fumée.

Des faits signalés ci-dessus, il résulte que des Soleils de variétés blanche et striée, ainsi que l'exemplaire noir *A* ensemencé en 1943, se sont développés en 1942 au voisinage les uns des autres et que, par conséquent, de nombreux métissages ont dû se produire.

Nous donnons ci-dessous les résultats obtenus en partant des graines sélectionnées de notre récole de 1943 :

1° *Graines noires vraies* [1] *du capitule A.* — Ce capitule a été récolté en 1942 dans un champ renfermant environ 98 % de capitules striés; il était donc à prévoir que les insectes, les bourdons en particulier, avaient transporté le pollen de ces derniers sur les fleurs qui le composaient. Les graines ensemencées en 1943 ont donné 33 pieds comportant 13 uniflores et 20 multiflores, dont 9 à graines noires vraies et 24 à graines striées.

2° *Culture des graines blanches.* — Les graines des souches *G, T, U, V, X* [2] et *Y* ont donné un total de 342 capitules blancs et 385 capitules à graines striées. Donc, ici encore, prédominance du type paternel.

3° *Culture des graines striées.* — Les graines des souches *B, C, D, E, F* et *H* ont donné 550 capitules uniflores à graines striées, aucun capitule à graines noires et un seul capitule à graines blanches.

Tels sont les résultats enregistrés en 1943. Signalons que parmi les descendants des graines noires de la souche *A*, ainsi que des graines blanches, il y a eu prédominance du type à graines striées, donc du type paternel.

Comme les diverses variétés blanche, grise, brune striée et noire se développent aussi bien les unes que les autres dans le Domaine de Richelieu, et que divers auteurs admettent que certaines d'entre elles sont plus prolifiques que d'autres, ainsi que l'indique le tableau ci-dessous, emprunté au Larousse agricole, nous avons cru utile de comparer entres elles ces diverses variétés, cultivées dans un terrain et dans des conditions identiques.

	Graines		
Désignation.	blanches.	noires.	striées.
Rendement à l'hectare en kg...........	12500	5160	4800
Rendement % d'huile..................	19,8	21,4	21,7
Rendement en huile à l'hectare en kg....	2538	1104	1041

Nous avons constaté que la variété noire, qui nous a donné d'énormes capitules ayant jusqu'à 54^{cm} de diamètre et qui est moins précoce que les autres, a fourni 1 360^{kg} de graines à l'hectare.

La variété blanche a donné un rendement de 1 286^{kg} à l'hectare et la variété striée 1315^{kg}. Ces chiffres montrent que, dans des conditions de culture identiques, les récoltes sont à peu près les mêmes.

---

(1) Il existe des graines gris foncé, brunes et même tout à fait noires, qui n'ont pas de pigment violet et qui sont des variétés voisines des graines striées. Nous ne considérons comme noires vraies que celles qui ont un pigment violet très rapidement soluble dans l'eau.

(2) Un capitule X_1 blanc présentait au centre un assez grand nombre d'akènes soudés et quelques akènes à double amande que nous comptons semer en 1944.

D'autre part nous donnons ci-desssous, pour les diverses lignées, le poids de l'amande, celui de la graine, celui de la coque et le poids total en grammes des amandes pour 1kg de graines.

Lignée.	Capitule.	Poids des graines.	Nombre.	Poids amande.	Poids coque.	P. des amandes par kg de graines.
Noire	32	20	128	9	11	450g
»	33	20	148	9,2	10,8	460
»	34	20	102	10	10	500
Striée	B_1	20	100	10,3	9,7	515
»	F_1	20	99	10	10	500
»	D_1	20	130	11,3	8,7	565
»	C_1	20	138	10,1	9,9	505
»	H_1	20	124	10,6	9,4	530
»	E_1	20	178	10,8	9,2	540
»	mélange	20	178	11,1	8,9	555
»	»	20	174	11	9	550
Blanche.....	»	20	166	11,2	8,8	560
»	»	20	187	11,2	8,8	560
Grise	»	20	196	11,5	8,5	575
»	*H. S.*	20	208	11,55	8,45	577,5

Des diverses observations consignées dans cette Note, nous devons conclure, comme d'autres auteurs, que la fécondation croisée normale des Tournesols rend très difficile la sélection de variétés bien déterminées. Nos observations montrent que des graines noires (ex. *A*) ou blanches donnent des descendants, en partie de leur couleur, donc du type maternel, et des descendants striés, plus nombreux, provenant de la fécondation croisée, donc du type parternel.

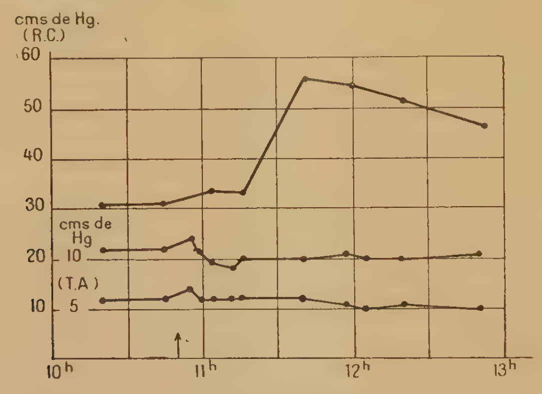
Nous avons récolté les graines périphériques des capitules les plus intéressants et les graines des diverses variétés qui seront semées en 1944 dans des conditions d'isolement aussi grandes que possible, afin de pouvoir étudier la descendance (F_2) des diverses variétés.

PHYSIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Sur le mode d'action de la vitamine* P. *Une nouvelle propriété de l'adrénaline, son activité sur la résistance des capillaires.* Note (1) de MM. **Jean-Louis Parrot** et **Jean Lavollay**, présentée par M. Maurice Javillier.

Au cours de recherches chimiques et physiologiques menées parallèlement, nous avons établi que l'épicatéchine (3, 5, 7, 3′, 4′-pentahydroxyphényldihydrochromane) élève considérablement la résistance des capillaires, même à dose

(1) Séance du 24 janvier 1944.

infime, et possède ainsi la plus haute activité vitaminique P ([2]), ([3]), ([4]). Ces recherches étaient fondées sur l'hypothèse suivante : la vitamine P agirait sur la perméabilité et la résistance des capillaires par l'intermédiaire de l'adrénaline; la caractéristique de la vitamine serait de ralentir, dans l'organisme, la destruction de cette hormone ([5]). Cette hypothèse de travail nous a inspiré diverses épreuves physiologiques : celles-ci nous ont d'abord permis de montrer que les dérivés flavoniques, tels que le quercitroside, sont incapables de modifier les actions physiologiques classiques de l'adrénaline ([2]), bien qu'ils ralentissent *in vitro* l'auto-oxydation de cette substance; ce sont les mêmes épreuves physiologiques qui nous conduisirent ensuite à reconnaître les propriétés vitaminiques de l'épicatéchine.



Mme B..., 48 ans. — A 10h 50m injection intramusculaire de 1mg de chlorhydrate d'adrénaline. En haut, résistance capillaire mesurée à la région sous-claviculaire. En bas, tension artérielle mesurée à l'avant-bras par les méthodes ausculatoire et palpatoire.

Cependant il s'agissait de savoir si notre hypothèse de travail était fondée et tout d'abord si l'adrénaline possédait en fait cette propriété d'élever la résistance des capillaires. Nous avons constaté qu'il en est bien ainsi. Nos expériences portent sur le Cobaye et sur l'Homme. La résistance des capillaires est mesurée grâce à la technique suivante : une ventouse ($0^{cm},5$ de diamètre pour le Cobaye, $1^{cm},5$ pour l'Homme) est appliquée sur la peau (région lombaire pour le Cobaye, creux sous-claviculaire chez l'Homme); une dépression, mesurée par un manomètre à mercure, est établie dans cette ventouse pendant une minute; diverses dépressions sont exercées de la même manière sur des points voisins, et l'on note la plus petite dépression capable de faire apparaître quelques taches purpuriques : on choisit ce chiffre comme mesure de la résistance des capillaires. Chez le Cobaye celle-ci commence à s'élever à la suite

([2]) Jean Lavollay et Jean-Louis Parrot, *Comptes rendus*, **215**, 1942, p. 496.

([3]) Jean-Louis Parrot, *C. R. Soc. Biol.*, **137**, 1943 p. 171.

([4]) Jean Lavollay, Jean-Louis Parrot et Jean Sevestre, *Comptes rendus*, **217**, 1943, p. 540.

([5]) Jean Lavollay et Joseph Neumann, *Comptes rendus*, **212**, 1941, p. 251.

d'une dose intrapéritonéale de $0^{mg},1$ de chlorhydrate d'adrénaline par animal. Pour $0^{mg},3$ la résistance des capillaires passe de 10, chiffre normal, à 20 ou même 30^{cm} de mercure. Chez l'Homme, une injection intramusculaire de 1^{mg} de chlorhydrate d'adrénaline fait passer la résistance des capillaires de 30, chiffre normal, à 50 ou 60^{cm} de mercure (voir la figure).

Le caractère le plus remarquable de cette action, c'est son évolution dans le temps : elle n'est pas immédiate, elle ne se manifeste pas au moment où se déroulent les actions pharmacodynamiques habituelles de l'adrénaline, sur la pression artérielle, par exemple; c'est seulement lorsque celles-ci sont terminées, 10 à 30 minutes après l'injection, que l'on voit s'élever la résistance des capillaires. D'autre part cette élévation est remarquablement durable; nous l'avons vue se maintenir plusieurs heures, ayant atteint son maximum 40 minutes à 1 heure après l'injection. Cette nouvelle propriété de l'adrénaline est donc indépendante de son action pharmacologique classique; elle se rapproche, par contre, d'une autre action tardive et durable : celle qu'elle exerce sur le temps du saignement (6).

Ainsi notre hypothèse pouvait être fondée; de plus elle s'est montrée féconde. Il convient cependant de la discuter. En effet les actions physiologiques classiques de l'adrénaline sont allongées, mais ne le sont pas considérablement, sous l'influence de l'épicatéchine; certaines substances les allongent bien davantage et n'exercent cependant qu'une action négligeable sur la résistance des capillaires : nous avons vérifié ce dernier fait pour le pyrogallol. Inversement, il existe des corps comme le quercétol, le rutoside qui élèvent très notablement la résistance des capillaires (7) et qui ne modifient pas l'action physiologique classique de l'adrénaline (1,2). Tels sont les deux ordres de faits qui empêchent de conserver notre hypothèse sous sa forme primitive. Cependant les faits ci-dessus rapportés montrent que l'adrénaline possède deux ordres d'actions, les unes immédiates, qui peuvent seules être attribuées avec certitude à cette substance, les autres secondaires (*résistance capillaire*, temps de saignement), qui sont probablement en relation avec des produits de son métabolisme. Ces deux groupes d'actions ne seraient donc pas imputables à la même substance et il est possible qu'un même agent les modifie diversement.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Diapause imaginale obligatoire et réactivation chez le Coléoptère* Agelastica alni *Redt.* Note de Mlle **Georgette Beaumont**, présentée par M. Maurice Caullery.

Les imagos de la Chrysomèle de l'Aulne, *Agelastica alni* Redt., apparaissent avec les feuilles de cette plante, dès le milieu d'avril et pondent peu après.

(6) Derouaux, *Arch. intern. Pharmacol. et Thérap.*, **65**, 1941, p. 125.

(7) André Sévin, *Comptes rendus*, **216**, 1943, p. 505.

Les imagos issus de ces pontes printanières attaquent l'Aulne en juillet, puis disparaissent jusqu'à l'année suivante. Le cycle normal de l'espèce comporte donc une seule génération par an et une longue diapause estivale, puis hivernale.

Entrée en diapause. — J'ai effectué des élevages, à la température de 20°, à partir de pontes du printemps. La nymphose a lieu obligatoirement en terre. Les imagos, sortis de terre en juin, se sont alimentés durant trois semaines environ, puis sont tombés en diapause. A ce moment, les femelles ont l'abdomen gonflé par les œufs. Les individus en diapause restent immobiles à la surface de la terre des bocaux d'élevage et ne s'alimentent plus. L'entrée en diapause est indépendante des conditions externes. J'ai soumis systématiquement les imagos, après leur naissance, à des conditions de température et d'alimentation variées, sans parvenir à éviter l'entrée en diapause. Sur une centaine d'individus étudiés, une seule femelle a effectué sa ponte. Elle est ensuite tombée en diapause et est morte. Cette femelle faisait partie d'un lot d'individus qui se sont comportés normalement; son comportement exceptionnel ne peut donc être attribué qu'à des conditions internes. La diapause des imagos d'*Agelastica* a donc un caractère spontané et obligatoire et se produit toujours au même stade du développement.

Réactivation. — A la température ordinaire du laboratoire, les imagos en diapause peuvent être conservés plusieurs mois, mais ne reprennent jamais leur activité. L'exposition à une température de 30° ne modifie pas l'état de diapause.

J'ai cherché si l'influence des basses températures hivernales n'était pas le facteur déterminant la réactivation des imagos dans les conditions naturelles. Des imagos (nés d'œufs pondus les 20-22 avril, sortis de nymphose les 5-8 juin et tombés en diapause les 24-30 juin) ont été maintenus à une température de 10° environ durant 50 jours. Le 28 septembre, ils ont été reportés à l'étuve à 20°. Ils se sont alors alimentés et ont effectué des pontes normales, aussi abondantes que celles des imagos de première génération. J'ai pu poursuivre l'élevage de cette deuxième génération jusqu'à la chute des feuilles de l'aulne.

Aucun traitement autre que le refroidissement prolongé n'a pu provoquer la réactivation des imagos en diapause. Je rappelle que l'exposition à basse température, avant l'entrée en diapause, est sans effet sur l'entrée en diapause, ni sur la durée de celle-ci.

La diapause imaginale d'*Agelastica alni* est comparable à la diapause larvaire étudiée par M. Abeloos [1] chez un autre Chrysomélide, *Timarcha tenebricosa* Fab., par ses deux caractères essentiels : 1° l'entrée en diapause est

---

[1] *Comptes rendus*, 200, 1935, p. 2112.

obligatoire, indépendante des conditions externes, et paraît soumise à un déterminisme interne; 2° la rupture de la diapause ne peut être provoquée que par une exposition suffisamment prolongée à basse température.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Réduction des nitrates en nitrites par les microbes du groupe* Bacillus subtilis. Note de MM. **Maurice Lemoigne, Robert Desveaux** et **Raymond Gavard**, présentée par M. Gabriel Bertrand.

De très nombreux microbes réduisent les nitrates en nitrites. Le mécanisme de cette réduction a été surtout étudié avec des Bactéries, qui peuvent, grâce à elle, comme *Bacterium coli*, vivre en anaérobiose. Lavées, ces Bactéries transforment, en présence de donateurs d'hydrogène, l'azote nitrique en azote nitreux et, suivant l'expression de Quastel ([1]), *activent* les nitrates.

Au contraire les bacilles du groupe du *subtilis* ne peuvent pas vivre en l'absence d'oxygène libre, même en présence de nitrate, comme l'un de nous l'avait signalé en 1911 ([2]). Aussi Quastel, Stephenson et Whetham admettent-ils que ces organismes n'*activent* pas les nitrates, d'autant plus que lavés et mis en présence de donateurs d'hydrogène et de nitrate ils ne le réduisent pas ([1]).

Or l'utilisation des nitrates en milieu aérobie par *B. subtilis* et microbes voisins est connue depuis longtemps ([3]), et elle a lieu avec formation de nitrites. L'impossibilité bien réelle de vivre en anaérobiose en présence de nitrate ne peut donc pas être expliquée comme le suggèrent Quastel, Stephenson et Whetham, puisque les nitrates sont effectivement réduits.

Nous avons repris ce problème avec un bacille voisin du *subtilis*, le bacille G, non encore décrit.

La culture est faite en couche mince, au large contact de l'air, à 30°C., dans un milieu minéral sucré contenant du nitrate de sodium comme seul aliment azoté. A condition d'ensemencer assez abondamment, on observe au bout de 24 heures un trouble intense. Le milieu est alors riche en nitrites qui disparaissent quand un voile épais, muqueux, translucide et coloré en rose sale recouvre le liquide. Si le voile est alors enlevé et mis à macérer dans de l'eau nitratée ou si le milieu, chargé de microbes, est privé de son voile, ou si encore on immerge le voile dans le milieu, il y a une abondante formation de nitrites. Les nitrates ont donc bien été réduits. Mais, si l'on retire le voile et si on le lave avec de l'eau distillée, on constate qu'il a perdu presque toute activité, même en présence des métabolites usuels donateurs d'hydrogène. Ce résultat confirme les constatations de Quastel, Stephenson et Whetham. De même le milieu, débarrassé de presque tout bacille par supercentrifugation, n'agit plus

---

([1]) J. H. Quastel, M. Stephenson et M. D. Whetham, *The biochem. J.*, 9, 1925, p. 304.
([2]) M. Lemoigne, *Comptes rendus*, 152, 1911, p. 1873.
([3]) A. Fichtenhold, *Comptes rendus*, 128, 1899, p. 442.

sur les nitrates. Mais on constate à nouveau leur réduction si l'on mélange le voile lavé et le milieu sans bacille.

Les essais ont été faits dans les conditions optima de 45°C. et à un pH voisin de 7,3. Le voile lavé a été émulsionné dans de l'eau distillée (100^{cm^3} d'émulsion contiennent 500 à 600^{mg} pour 100^{cm^3}). Cette émulsion n'a pas toujours la même concentration. Aussi les résultats d'une même expérience sont comparables entre eux, mais ne le sont pas à ceux d'autres expériences.

Nous donnerons un exemple des nombreux essais effectués :

Série XII-314. Durée 4 heures.

100 cm^3 du mélange contiennent	Émulsion du voile (cm^3)......	10	–	10	10	10	10
	Milieu centrifugé (cm^3).......	–	20	–	–	–	20
	Glucose 5 % (cm^3)...........	–	–	10	–	–	–
	Lactate Na M/50 (cm^3).......	–	–	–	10	–	–
	Succinate de Na M/50 (cm^3)....	–	–	–	–	10	–
N-NO^2H (en mg formé pour 100 cm^3 du mélange)...........................		0,04	0,03	0,02	0,02	0,02	0,97

Les activations provoquées par le mélange du voile et du milieu sont très variables. Quelquefois intenses, elles sont parfois nulles, et ces irrégularités montrent la fragilité extrême du système assurant la réduction des nitrates en nitrites, dans le bacille G.

La formation des nitrites peut se faire en anaérobiose : l'essai-XII-314 était fait en atmosphère d'hydrogène. Une expérience analogue, en présence d'air, avec agitation qui provoque une aération intense, a donné des résultats négatifs. Dans ces conditions expérimentales, l'oxygène inhibe donc la réduction des nitrates comme dans le cas de *Bacterium coli*.

En conclusion, ce n'est pas une non-*activation* des nitrates par les bacilles du groupe *subtilis* qui explique l'impossibilité de cultiver ces organismes en anaérobiose, en présence de nitrate et la non-réduction de ceux-ci par les microbes lavés, en présence des métabolites usuels. En fait ces bacilles réduisent bien les nitrates, mais leur lavage scinde l'ensemble des enzymes et des métabolites en deux fractions, l'une passant dans le liquide de culture et les eaux de lavage, l'autre restant dans les corps microbiens. Chacune de ces fractions est inactive sur les nitrates, mais leur mélange est actif.

En outre le complexe assurant cette réduction dans le bacille G est extrêmement fragile.

A 16^h l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 16^h30^m.